



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위논문

서책형교과서와 디지털교과서에
제시된 외적 표상의
특징과 활용 분석

- 중학교 과학 교과를 중심으로 -

2019년 8월

서울대학교 대학원

과학교육과 물리전공

김 노 아

서책형교과서와 디지털교과서에
제시된 외적 표상의
특징과 활용 분석

- 중학교 과학 교과를 중심으로 -

지도교수 송 진 응

이 논문을 교육학 석사 학위논문으로 제출함
2019년 6월

서울대학교 대학원
과학교육과 물리전공
김 노 아

김노아의 석사 학위논문을 인준함
2019년 6월

위 원 장 유 준 희 (인)

부위원장 이 경 호 (인)

위 원 송 진 응 (인)

국문초록

초연결 사회에서는 과학교실의 활동이 교사, 학생, 교과서 및 기타 교재들 사이의 교실 상호작용을 넘어 세계와 연결될 것이다. 초연결성이 강조되는 앞으로의 사회에서 디지털교과서는 학습 자료와 교실에서의 소통 방식을 확장시킬 수 있는 중요한 매체가 될 것이다. 특히 과학 교과서에서는 과학적 현상, 추상적 개념, 원리 등이 도표, 사진, 공식, 그래프, 언어와 같은 외적 표상과 함께 제시된다는 점이 특징이다. 따라서 본 연구에서는 디지털교과서에서 디지털 기능으로 구현한 풍부하고 다양한 교육 자료들이 실질적으로 교실수업 개선을 도모할 수 있도록 개발되었는지를 점검하기 위한 토대로서, 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징을 비교 분석하고, 디지털교과서를 활용해 본 경험이 있는 교사 면담을 통해 교실 상호작용에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

먼저, 이를 위해 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정의 중학교 1학년 과학 교과서의 ‘힘’ 단원을 분석하였다. 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 292개의 외적 표상들을 종류, 기능, 제시방법별 분석틀을 사용하여 분석하였다. 이를 통해 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징을 추출하였다. 이어서, 교과서 분석 결과를 토대로, 교사 면담을 실시하였다. 디지털교과서를 활용해 본 경험이 있는 중학교 과학 교사 3명을 대상으로 개별 심층 면담을 진행하였다. 각 교사마다 면담을 총 3회 실시하였고, 전통적 내용 분석 방식으로 분석하였다. 연구 참여자들이 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 인식 및 활용과 이를 통한 과학교실 상호작용에 대해 자유롭게 의견을 발언할 수 있도록 반구조화된 형식으로

면담을 진행하였으며, 교과서 분석 결과를 제시하며 의견을 묻는 과정에서는 다소 지시적인 방법을 활용하였다.

연구 결과는 다음과 같이 요약될 수 있겠다. 먼저, 교과서 분석 결과, 서책형교과서에 비해 디지털교과서에서 외적 표상의 유형과 기능이 양적으로 증가하였다. 2009 개정 교육과정의 경우, 서책형 교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상 증감률은 +82.8%이었다. 그러나 디지털교과서에서 제시된 표상들은 모두 언어적 표상에만 집중되어 있었다. 시각적 표상의 증감률은 +8.6%였으나, 언어적 표상의 증감률은 +90.1%로 매우 높았다. 이러한 경향성은 두 교육과정의 교과서에서 동일했으나 2015 개정 교육과정에서 좀 더 다양한 유형의 표상들이 발견되었다. 기능적 측면에서는 디지털교과서의 표상들은 서책형교과서와 같이 설명적 기능과 예시적 기능을 가장 많이 수행하고 있었다. 하지만 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정의 디지털교과서에서는 보충적 기능의 표상 증감률이 각각 +291.3%, +183.3%로 급증하였고, 서책형교과서와는 차별화된 요약적 기능, 수행적 기능의 표상들이 추가되었다. 표상의 제시방법 측면에서 디지털교과서에서는 클릭을 하면 팝업창이나 화면 전환 기능을 통해 여러 표상들을 제시하는 방법으로 공간을 활용하고 있었다.

다음으로 교사 면담 결과, 디지털교과서의 외적 표상에 대한 교사들의 인식은 다소 부정적이었다. 교사들은 디지털교과서에서 언어적 표상보다 시각적 표상이 더 많이 제시되어야 한다고 응답하였다. 기능적 측면에서는 가장 많이 증가한 보충적 기능에 대해 부정적으로 응답하였으며, 클릭의 형태로 공간을 활용하는 표상에 대해서도 부정적으로 인식하고 있었다. 반면, 디지털교과서에 추가된 혼합형 표상인 동영상에 대해서는 기본적인 과학개념 형성 및 이해에 도움이 된다고 응답하였으며, 실제 수행하지 못하는 실험

을 간접적으로 체험하고, 실험 방법 및 주의사항을 제시한다는 점에서 긍정적으로 인식하고 있었다. 디지털교과서의 외적 표상에 대한 교사들의 활용은 매우 미비했다. 전체적으로 외적 표상을 거의 활용하지 않았으며, 특히 언어적 표상은 단 한 번도 활용하지 않았다고 응답하였다. 또한 좋은 기능의 표상일지라도 수업에서는 진행하기 어려워 활용하지 않았고, 학생들이 개인적으로 학습할 때 활용하도록 지도하였다고 응답하였다. 과학교실 상호작용 측면에서 교사들의 응답에 따르면, 학생과 매체 상호작용인 디지털 상호작용은 증가하였으나, 교사와 학생 및 학생과 학생 상호작용인 아날로그 상호작용은 감소하였다. 교사들은 디지털 상호작용이 아날로그 상호작용으로도 연결되었으면 좋겠다고 응답하였다.

따라서 디지털교과서에서 제공하는 자료들이 양적인 풍부함을 넘어서서 학생들의 사고를 자극하고 과학 개념을 재구성할 수 있도록 질적으로도 풍부한 자료를 제공하는 방식으로 개선될 필요가 있겠다. 또한 교사가 교실수업에서 디지털교과서의 외적 표상을 활용하기 위해 어떻게 준비해야 하는지에 대해 교사의 역량과 전문성에 대한 논의가 필요하다. 디지털교과서의 개발 방향은 궁극적으로 자기주도학습 뿐만 아니라 교실 내 학생 활동 중심의 수업 실현을 기대하고 있으며, 디지털교과서에 특화된 기능과 외적 표상들이 각 교과목의 목적과 특징에 맞게 구성되어 교과 학습을 촉진할 수 있어야 한다. 이에 디지털교과서의 목적이 자기주도학습을 위한 것인지 혹은 과학교실수업을 위한 것인지에 대해 방향성을 정하기 위한 논의가 필요하다. 또한 아날로그 상호작용은 감소하고 디지털 상호작용만 증가한 교실에서, 학생의 참여를 극대화할 수 있는 상호작용에 초점을 두어야 할 필요가 있겠다. 따라서 어떻게 사용할 것인가에 대해 디지털교과서의 발전 방향을 모색해야 할 필요가 있다. 끝으로 디지털교과서에서 나타난 특징들이 실제

로 학생들의 과학 학습에 어떠한 영향을 끼치는지 탐색하는 추후 연구가 필요하다. 아울러 디지털교과서에 대한 개발과 적용이 학생의 적극적 참여와 소통이 강조되는 과학교실문화로의 변화를 가져올 수 있는 구체적인 방향과 전략에 대한 연구가 수행된다면, 미래사회의 변화에 적극적으로 호응하는 과학교육의 방향을 탐색하는 데에 보탬이 될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 디지털교과서, 서책형교과서, 외적 표상, 과학교실 상호작용
학 번 : 2017-29268

목 차

제 1 장 서론	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구 문제	4
1.3 연구 과정의 개요	5
1.4 용어의 정의	6
1.5 연구의 한계	9
 제 2 장 선행연구와 이론적 배경	10
2.1 디지털교과서	10
2.1.1. 디지털교과서의 정의	10
2.1.2. 디지털교과서의 특성	11
2.1.3. 디지털교과서 관련 정책 추진 경과	13
2.1.4. 디지털교과서의 활용 및 기대효과	15
2.2 외적 표상	17
2.2.1. 과학교육에서의 표상	17
2.2.2. 과학교육에서의 외적 표상	18
 제 3 장 연구 방법	19
3.1 연구 대상	19
3.1.1. 교과서 분석	19
3.1.2. 교사 면담	22
3.2 연구 절차	24
3.3 연구 내용	26
3.3.1. 교과서 분석	26
3.3.2. 교사 면담	32

제 4 장 연구 결과	35
4.1 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징	35
4.1.1. 외적 표상의 개수와 종류	35
4.1.2. 외적 표상의 기능	48
4.1.3. 외적 표상의 제시방법	54
4.2 디지털교과서의 외적 표상에 대한 교사의 활용 ·	62
4.2.1. 교사들의 인식	62
4.2.2. 교사들의 활용	70
4.2.3. 과학교실 상호작용 양상	77
제 5 장 요약 및 결론	85
5.1 요약	85
5.2 결론 및 시사점	89
5.3 후속 연구 과제	92
참고문헌	93
Abstract	98

표 목 차

[표 1-1] 외적 표상의 종류와 의미	6
[표 2-1] 서책형교과서와 디지털교과서 비교	12
[표 2-2] 2015 개정 교육과정 디지털교과서 적용	14
[표 2-3] 디지털교과서 활용 사례	15
[표 3-1] 연구대상 서책형교과서와 디지털교과서	20
[표 3-2] 연구 참여 교사	22
[표 3-3] 외적 표상의 종류에 대한 분석틀	27
[표 3-4] 외적 표상의 기능에 대한 분석틀	28
[표 3-5] 외적 표상의 제시방법에 대한 분석틀	29
[표 3-6] 2009 및 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서의 분석 방법	31
[표 3-7] 디지털교과서 외적 표상 활용에 대한 면담 질문	34
[표 4-1] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털 교과서에 제시된 외적 표상의 분포 비교 결과	35
[표 4-2] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털 교과서에 제시된 외적 표상의 종류 분석 결과	36
[표 4-3] 2009 개정 교육과정의 시각적 표상의 종류와 개수 분석 결과	38
[표 4-4] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털 교과서에 제시된 외적 표상의 분포 비교 결과	41
[표 4-5] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털 교과서에 제시된 외적 표상의 종류 분석 결과	42
[표 4-6] 2015 개정 교육과정의 시각적 표상의 종류와 개수 분석 결과	43

[표 4-7] 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 개수와 종류 비교	47
[표 4-8] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털 교과서에 제시된 외적 표상의 기능 분석 결과	48
[표 4-9] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털 교과서에 제시된 외적 표상의 기능 분석 결과	51
[표 4-10] 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 기능 비교	53
[표 4-11] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서 에 제시된 외적 표상의 제시방법 분석 결과	54
[표 4-12] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서 에 제시된 외적 표상의 제시방법 분석 결과	57
[표 4-13] 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 제시방법 비교	61

그 립 목 차

[그림 1-1] 디지털교과서 개념도	7
[그림 2-1] 디지털교과서와 유사 개념	10
[그림 2-2] 디지털교과서의 특성	11
[그림 2-3] 디지털교과서의 효과	15
[그림 3-1] 연구 절차	24
[그림 4-1] 언어적 표상의 사례	37
[그림 4-2] 시각적 표상의 사례(1)	38
[그림 4-3] 개념설명 영역에서 혼합형 표상의 사례	40
[그림 4-4] 탐구활동 영역에서 혼합형 표상의 사례	40
[그림 4-5] 시각적 표상의 사례(2)	44
[그림 4-6] 청각적 표상의 사례	45
[그림 4-7] 개념설명 영역에서의 보충적 기능 사례	49
[그림 4-8] 탐구활동 영역에서 수행적 기능 사례(1)	49
[그림 4-9] 탐구활동 영역에서 수행적 기능 사례(2)	52
[그림 4-10] 정화상 및 동화상 사례(1)	56
[그림 4-11] 클릭-팝업(좌)과 클릭-전환(우)의 사례	56
[그림 4-12] 정화상 및 동화상 사례(2)	59

제 1 장 서론

1.1 연구의 필요성

‘초연결성’이 강조되는 급속한 사회 환경의 변화에 발맞추어, 학교 교육에서도 다양한 변화가 일어나고 있다. 이러한 변화 중 하나가 디지털교과서의 도입이다. 지식의 생명주기가 짧아지고, 멀티미디어 자료들이 팽창하며, 모바일 학습 환경으로의 전환이 이루어지는 시대에 기존의 서책형교과서만으로 이러한 변화에 대응하기에는 한계가 있음이 지적되고 있다(Kim & Jung, 2010; Maynard & Cheyne, 2005). 이에 교육(인적자원)부에서는 2007년 ‘디지털교과서 상용화 방안’을 수립하고(교육인적자원부, 2007), 지난 10년 간 디지털교과서 개발 및 적용 방안에 대해 지속적으로 논의해왔다. 특히 ‘디지털교과서 개발 및 적용’ 사업은 디지털 융·복합 사회로의 변화에 대응하기 위한 스마트(SMART) 교육 사업의 첫 번째 추진 과제로 시행되어왔다(교육과학기술부, 2011). 이러한 맥락에서 디지털교과서의 도입은 사회적 변화에 발맞추어 미래 세대를 양성하기 위한 교육적 대응의 중요한 축이라고 볼 수 있다.

디지털교과서는 기존 학교교육과정의 교육내용에 다양한 멀티미디어 형태의 교수·학습 자료를 제공하고, 교사와 학습자, 외부 자료들 간의 상호작용이 가능하도록 디지털화 된 교과서를 의미한다(교육과학기술부, 2012). 2017년까지 교육부에서는 2009 개정 교육과정에 의거하여 영어, 사회, 과학 디지털교과서를 개발하고 163개의 연구학교에서 적용하였다(한국교육학술정보원, 2014). 이를 토대로 2015 개정 교육과정에서는 초등 3, 4학년과 중

이 논문에서 사용된 데이터와 주요 내용은 투고되어 발행된 논문, 김노아, 장진아, 송진웅의 ‘서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징 비교: 2009 및 2015 개정 교육과정의 중학교 힘 관련 단원을 중심으로’ 내용을 포함하고 있다.

학교 1학년의 영어, 사회, 과학 디지털교과서를 개발하고, 2018년부터 연차적으로 적용하고 있다. 이처럼 국내에서의 디지털교과서 개발 및 적용은 시범적으로 이루어지고 있는 단계이므로 중·장기적 관점에서 더 많은 의견 수렴과 개선이 필요하다.

국내 디지털교과서 개발의 특징 중 하나는 서책형교과서의 개발 과정과 연계하여 이루어지고 있다는 점이다(정영식 등, 2016). 디지털교과서의 내용은 서책형교과서를 기본으로 하여, 멀티미디어 자료, 평가 문항, 심화 학습 내용 등이 추가·확장되거나 조금씩 변형되는 방식으로 구성되어 왔다. 이를 고려했을 때, 디지털교과서의 내용과 특징은 구성의 기반이 되는 서책형교과서와 연계하여 살펴볼 필요가 있겠다. 나아가 디지털교과서에 대한 개발과 실질적 적용이 확장되는 시점에서, 디지털교과서의 풍부한 자료와 구성 방식이 기존의 서책형교과서와 얼마나 차별화된 방식으로, 의미 있게 제시되고 있는가를 되짚어보는 것은 중요하다.

한편, 과학교과서에서는 과학 현상이나 개념, 원리들이 글과 도식, 사진, 공식, 그래프와 같은 방식으로 표현된다. 즉, 과학 원리나 개념들은 추상적이고 개념적으로 존재하기 때문에, 교과서에 기술되는 과정에서 필연적으로 표상이 사용된다(조광희 등, 2015). 표상은 과학 개념을 이해하기 위한 수단의 일부이며 학생들의 과학적 사고를 촉진하고 과학적 실행 능력을 증진시키기 위한 중심 역할을 할 수 있다는 점에서 주목받아왔다(Gilbert & Treagust, 2009; Tsui & Treagust, 2013). 연구자에 따라 표상의 의미와 유형이 다양할 수 있지만, 대표적으로는 내적 표상과 외적 표상으로 구분해볼 수 있다. 내적 표상은 학습자 개인의 정신 모형으로서 내적으로 형성된 것을 의미하며, 외적 표상은 과학 현상이나 개념을 가시적인 언어, 시각, 기호 등으로 표현하는 경우를 말한다(조광희 등, 2015). 과학교과서에서 제시된 표상들은 형태가 가시적으로 표현되었다는 점에서 외적 표상의 범주에 포함된다.

과학교과서에 제시된 여러 외적 표상들은 서로 다른 정보와 기능을 담고 있으며, 제시 및 활용 방식에 따라 상호보완적으로 개념 형성에 도움을 주기도 하고 오히려 학습에 방해 요인으로 작용하기도 한다(Gilbert &

Treagust, 2009; 강훈식 등, 2008). 이에 서책형으로 된 과학교과서들을 중심으로 어떤 유형의 외적 표상들이 어떻게 제시되고 있는지에 대해 연구들이 이루어졌다(Gilbert & Treagust, 2009; Tsui & Treagust, 2013; 윤혜경 등, 2017). 특히 디지털교과서에서는 시공간의 제약을 넘어서서 멀티미디어 자료와 풍부한 영상 자료들이 포함될 수 있다는 점에서, 시각이나 언어적 표상 이외에도 여러 형태의 외적 표상이 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 가능성에도 불구하고, 기존 연구들에서 디지털교과서에서 활용되는 외적 표상의 유형과 특징에 대해 살펴본 경우는 드물다.

한편, 교실의 모습은 교사와 학생의 상호작용 패턴으로 나타난다. “디지털교과서가 본격적으로 교실에 적용되면 새로운 매체를 근간으로 수업이 진행될 것이기 때문에 교실수업에서는 큰 변화를 맞이하게 될 것이다”(조대연 등, 2008; Han, 2013; 한승연 등, 2014 재인용). 특히 디지털교과서를 활용한 과학 수업에서 교사와 학생, 학생과 학생 간의 상호작용이 이루어지기 위해서는 교사의 역할이 중요하다(임희준과 오필석, 2014). 게다가 “ICT 활용 수업의 성과에 교사변인이 결정적”이라는 것은 여러 연구에서 밝혀진 바 있다(Cuban, 1986; Ertmer, 2005; Kiraz & Odmir, 2006; Knezek & Christensen, 2008; O'Dwyer, Russel & Bebell, 2004; Park & Ertmer, 2007; Vannatta & Fordham, 2004; 임병노, 2012에서 재인용). 따라서 디지털교과서에서 서책형교과서와 차별화된 외적 표상들이 제시되었을지라도 교사가 적극적인 활용을 하지 않는다면, 교실 내 상호작용에 유의미한 영향을 미치지 않을 것이다.

이에 본 연구에서는 과학 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 유형과 특징들을 서책형교과서와 비교하여 살펴보았다. 또한 과학교실에서 실제 디지털교과서를 사용하는 교사들의 디지털교과서에 제시된 외적 표상에 대한 인식과 활용을 분석하였다. 이를 통해 디지털교과서 개발 방향 및 교사의 디지털교과서 활용에 대한 교육적 시사점을 얻고자 한다.

1.2 연구 문제

첫째, 서책형교과서와 비교했을 때, 디지털교과서에 제시된 외적 표상들의 특징은 무엇인가?

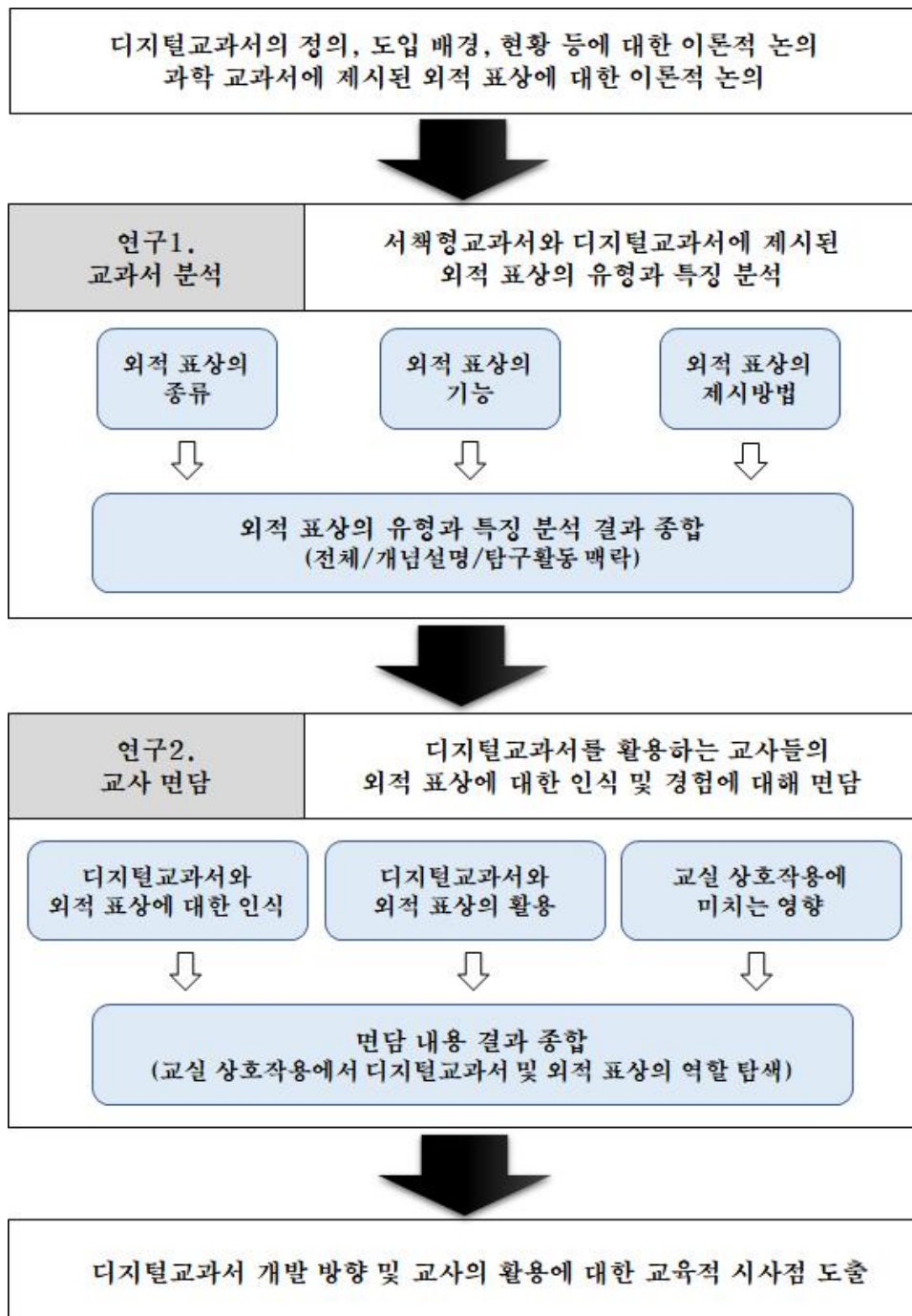
- 1) 외적 표상의 종류의 특징은 무엇인가?
- 2) 외적 표상의 기능의 특징은 무엇인가?
- 3) 외적 표상의 제시방법의 특징은 무엇인가?

둘째, 이러한 특징들을 디지털교과서를 활용하는 교사들은 어떻게 인식하며 활용하는가?

- 1) 디지털교과서에 제시된 외적 표상에 대한 인식은 어떠한가?
- 2) 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 어떻게 활용하는가?
- 3) 디지털교과서에 제시된 외적 표상이 교실 상호작용에 어떠한 영향을 끼치는가?

1.3 연구 과정의 개요

교과서 분석 연구와 교사 면담 연구를 포함한 전체 연구 과정은 아래와 같다.



1.4 용어의 정의

외적 표상(External Representation)

표상의 의미와 유형이 연구자에 따라 다양할 수 있지만, 대표적으로는 내적 표상과 외적 표상으로 구분할 수 있다. 조광희 등(2015)은 외적 표상이란 과학 현상이나 개념을 가시적인 언어, 시각, 기호 등으로 표현하는 것을 의미한다고 하였다. 과학 교과서에서 제시된 표상들은 형태가 가시적으로 표현되었다는 점에서 외적 표상의 범주에 포함된다. 또한 강훈식(2006)은 외적 표상이 특정 현상이나 개념 등을 설명하기 위해 학습자에게 제공되는 언어, 수식, 그림, 애니메이션, 표, 그래프, 다이어그램, 시범실험 등과 같은 정보를 의미한다고 하였다. 본 연구에서는 개념설명과 탐구활동 맥락 안에서 교과서에 제시된 언어, 사진, 그림, 그래프, 표, 식, 소리, 동영상을 외적 표상으로 선택하여 [표 1-1]과 같은 의미로 제한하여 사용한다.

[표 1-1] 외적 표상의 종류와 의미

종류		의미
언어적	언어	하나의 현상이나 개념 등을 직접적으로 설명하는 글
	사진	물체를 있는 모양 그대로 카메라로 찍어낸 시각자료
	그림	선이나 색채를 써서 사물의 형상이나 이미지를 평면 위에 나타낸 시각자료
	그래프	그래프는 여러 가지 자료를 분석하여 그 결과를 직선이나 곡선으로 나타내어 한눈에 볼 수 있도록 하는 시각자료
	표	어떤 내용을 일정한 형식에 따라 한눈에 알아볼 수 있도록 나타낸 시각자료
시각적	식	숫자, 문자, 기호를 사용하여 수학적 및 과학적 관계를 나타낸 시각자료
	청각적	소리
혼합형	동영상	언어, 시각, 청각이 모두 포함되어 있는 자료

디지털교과서(Digital Textbook)

‘디지털교과서’라는 명칭은 2007년 한국교육학술정보원에 의해 공식적으로 사용되었으며, 종래는 ‘전자교과서(electronic textbook)’라는 용어로 사용되었다. 디지털교과서는 학생들이 교수·학습을 위해 사용하는 디지털화된 책으로 정의할 수 있다(변호승과 송연옥, 2010). 이는 서책형교과서의 내용뿐만 아니라 참고서, 문제집, 학습사전, 공책 등의 방대한 자료를 동영상, 애니메이션, 가상현실, 하이퍼링크 등의 멀티미디어 형태로 전자 매체에 수록한 뒤 유무선정보통신망을 이용하여 학습이 가능하도록 구현된 학생용의 주된 교재이다(한국소프트웨어진흥원, 2008). 교육과학기술부(2012)는 디지털교과서란 기존 학교 교육과정의 교육내용에 다양한 멀티미디어 형태의 교수·학습 자료를 제공하고, 교사와 학습자, 외부 자료들 간의 상호작용이 가능하도록 디지털화 된 교과서를 의미한다고 하였다. 디지털교과서에 통합된 대표적인 디지털 기능과 역할에는 [그림 1-1]과 같이 용어사전이나 멀티미디어 자료, 보충·심화 자료들을 통한 ‘풍부한 학습 자료’ 제공, 수업 지원 도구, 학생별 포트폴리오, 평가자료, 학습 진단 및 처방 시스템을 통한 ‘학습 지원 및 관리’, 에듀넷이나 티-클리어와 같은 ‘외부 교육용 자료와의 연계’를 들 수 있다. 이러한 기능들을 통해 궁극적으로 학생의 자기주도 학습과 학생 활동 중심의 수업의 실현을 기대하고 있다.



[그림 1-1] 디지털교과서 개념도(교육과학기술부, 2011:11)

교실 상호작용(Classroom Interaction)

Kumpulanien & Mutanen(2000), Kumpulanien & Wray(2002)는 교실수업에서 상호작용의 범위는 언어기능, 인지적 처리, 사회적 처리로 구분된다고 하였다. 이는 각각 교사와 학생, 학생과 학생, 학생과 매체 사이의 상호작용으로 연결 지어 볼 수 있다. 한편, 교실의 모습은 교실 문화에 참여하는 교사와 학생의 상호작용 패턴으로 나타나며, 교실에서 반복적으로 일어나는 상호작용은 교실의 구성원들 사이에서 성립된 관습의 특성을 반영한다. 특히 과학교실문화는 교사와 학생이 교실이라는 공간에서 과학을 학습하면서 함께 공유하고 형성하는 가치, 규범 등에 대한 공통의 해석체계라 할 수 있다. 이러한 교실문화는 구성원의 참여구조 및 상호작용, 역할기대, 교사의 지위 등에 의해 형성되고 다시 이에 영향을 미치면서 학생의 학습과 교육과정의 성패에 결정적 역할을 한다(송진웅과 나지연, 2015). Malamah-Thomas(1987:7)은 교실 상호작용이란 교사가 학생에게 특정한 행동을 했을 때, 학생들의 반응이 교사의 다음 행동에 영향을 주는 관계가 이어지는 현상을 의미한다고 하였다. 또한 Tunstall & Gipps(1996)는 교수·학습 과정에서 상호작용은 주로 교사의 질문에 대한 학생들의 응답과 이에 대한 교사의 피드백 순서로 이루어진다고 하였다. 본 연구에서는 교사가 수업을 진행하는 동안 학생들이 다양한 반응을 보이며 수업에 참여함으로써 교사와 학생의 의사소통 지속되는 것을 바람직한 교실 상호작용으로 보았다.

1.5 연구의 한계

본 연구의 교과서 분석에서는 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정 모두에서 디지털교과서 검인정을 받은 두 개 출판사의 교과서를 사용하였고, 단위 선택에 있어서 두 교육과정 간 통일성을 고려하기 위하여 힘과 관련한 물리 단원에 초점을 두었다. 따라서 본 연구의 분석 결과를 일반화하기에 한계가 있으며, 추후에 과학의 다른 영역들과 다른 출판사의 디지털교과서를 포함하여 넓은 대상에서 나타나는 특징들을 추가적으로 살펴볼 필요가 있겠다.

또한 본 연구의 면담은 서울 소재의 중학교 과학 교사 중에서 디지털교과서를 활용한 경험이 있는 3명을 대상을 실시되었다. 면담 대상자의 수가 작고, 특정 집단에 한정되어 있기 때문에 일반화하기에 한계가 있으며, 결과 해석에 신중함이 요구된다. 또한 상호작용에 대하여 연구하기 위해서는 디지털교과서를 사용하는 교실을 참여 관찰하는 연구 방법이 더욱 적합할 수 있다. 반면, 디지털교과서를 교실에 도입하는 경우는 아직까지 연구학교 정도로 한정되어 있고, 교사가 디지털교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 어떻게 활용하는지에 따라 교실 상호작용에 큰 영향을 미치기 때문에 본 연구에서는 교사 면담으로 제한하였다.

하지만 디지털교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 활용한 과학교실에서의 상호작용과 학생의 적극적인 참여 및 의사소통이 이루어지는지를 보다 세밀하게 살펴보기 위해서는 추후 수업 관찰과 학생 면담 연구가 필요하다.

제 2 장 선행연구와 이론적 배경

2.1 디지털교과서

2.1.1. 디지털교과서의 정의

디지털교과서란 기존 학교교육과정의 교육내용에 다양한 멀티미디어 형태의 교수학습 자료를 제공하고, 교사와 학습자, 외부 자료들 간의 상호작용이 가능하도록 디지털화 된 교과서를 의미한다(교육과학기술부, 2012). 서책형교과서에 다양한 멀티미디어 자료, 평가 문항, 심화 학습 내용 등의 자기주도적 학습이 가능한 학습 자원과 관리 기능이 탑재되고, 다양한 플랫폼을 지원하는 외부의 자료와 연계된 디지털화 된 교과서를 의미한다.

정영식 등(2016)은 디지털교과서와 관련된 유사한 개념을 [그림 2-1]에 제시한 것과 같이 자료형태, 교육과정, 교수학습, 상호작용, 법적근거에 따라 구분하여, 전자책, 전자교과서, 디지털콘텐츠, 디지털교과서, e-교과서로 나누었다. 디지털교과서는 멀티미디어 자료 형태로 제공되며, 교육과정을 반영함과 동시에 재구성할 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한, 다양한 교수학습 활동 모형을 통하여 디지털교과서를 활용할 수 있으며, 디지털콘텐츠와 e-교과서가 개인적인 상호작용만을 제공하는 것에 비해 디지털교과서는 학생과 학생, 학생과 교사 간의 사회적 상호작용을 제공한다.

구 분	전자책	전자교과서	디지털콘텐츠	디지털교과서	e-교과서
자료형태	텍스트.이미지	텍스트.이미지	멀티미디어	멀티미디어	멀티미디어(제한적)
교육과정	미반영(무관)	반영(디지털화)	반영(자료)	반영(재구성, 자원형)	반영(디지털화, 고정형)
교수학습	무관	탈 모형	특정 모형	다양한 모형(활동)	탈모형
상호작용	없음	없음	개인적	사회적	개인적
법적근거	없음	국정.검정.인정	없음	교과서(대체)	교과서(병행)

[그림 2-1] 디지털교과서와 유사 개념(정영식 등, 2016)

2.1.2. 디지털교과서의 특성

[그림 2-2]와 같이, 임정훈(2012)은 디지털교과서의 특성을 자료 유형, 자료 변환 및 수집, 내용 전달 매체, 다른 교과와의 관련성, 학습 방법, 수업 효과와 관련하여 서책형교과서와 비교하였다.

디지털교과서	VS	서책형교과서
		
동영상, 가상현실 등 멀티미디어 학습자료	자료유형	텍스트와 이미지 중심의 평면적이고선형적인 학습자료
새로운 사실과 지식 신속한 반영	자료 변환	자료가 고정되어 변환 어려움
다양한 교육자료나DB와의 연계	자료 수집	교과서 외의 자료를 찾기 위한 많은 시간과 비용요구
정보기기(TPC, 데스크탑PC등)	내용 전달 매체	인쇄매체
교과 내 학년 간, 타 교과 연계 학습가능	다른 교과와의 관계	교과 간 서로 단절된 개별적인 학습 교재
교사, 학생, 컴퓨터 간 다방향 학습가능	학습 방법	지식 전달 위주의 단방향 학습
학생 중심 수업활동과 자기주도적 학습실험	수업 효과	학습자의 능력에 따른 수업이 어려운 일제 수업

[그림 2-2] 디지털교과서의 특성(임정훈, 2012)

디지털교과서는 동영상 및 가상현실 등 멀티미디어 학습 자료를 제공한다. 모든 콘텐츠의 디지털화를 통하여 실제 새로운 사실, 지식, 정보 등을 실시간으로 혹은 비실시간으로 반영할 수 있으며, 디지털교과서를 활용하면 다양한 데이터베이스에 접속하여 최신의 정보를 습득할 수 있으며, 여러 유형의 교육 자료를 학습에 활용할 수 있다. 디지털교과서는 인터넷이 접속된 정보기기라면 언제 어디서든지 자유롭게 콘텐츠에 접속이 가능하며, 다른 교과와의 관계에서 디지털교과서는 교과 내 학년 간, 다른 교과와 연계하여 쉽게 학습할 수 있다. 또한 디지털교과서를 활용하면 교사, 학생, 전문가 등의 다양한 관계를 통하여 상호작용하는 학습이 가능하다. 수업 효과의

측면에서 디지털교과서는 학생이 중심이 되어 학습할 수 있고, 자기주도적 학습을 할 수 있다.

정영식 등(2016)은 교수 설계, 자료 형태, 자료 관리, 자료 접근, 상호작용성, 독자 관계, 유통 비용 측면에서 서책형교과서와 디지털교과서의 차이를 [표 2-1]과 같이 비교하였다.

[표 2-1] 서책형교과서와 디지털교과서 비교(정영식 등, 2016)

구분	서책형교과서	디지털교과서
교수 설계	<ul style="list-style-type: none"> · 직선형 설계 · 지식 전달 위주인 단방향 학습 · 단일 교재에 의한 일제식 수업 	<ul style="list-style-type: none"> · 직선형, 분지형, 하이퍼링크형 설계 · 쌍방향 개별 학습 가능 · 능력에 따른 단계별 학습 가능
자료 형태	<ul style="list-style-type: none"> · 텍스트와 이미지 위주, 인쇄 기반 · 직접 손에 넣거나 넘기고 운반함 · 책의 형태로 보존되고 관리함 · 최신의 정보 제공이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 멀티미디어 위주, 인터넷 기반 · 모니터를 통한 시청각만 가능함 · 버전별 관리, 시스템 관리 필요함 · 최신의 정보와 연결 가능함
자료 관리	<ul style="list-style-type: none"> · 기록된 내용의 편집이 불가능함 · 많은 양의 정보 보관이 어려움 · 보급 시간과 비용이 많이 소요됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 내용 편집 및 변환이 용이함 · 많은 양의 정보 보관이 가능함 · 보급 절차가 간편하고 재고 없음
자료 접근	<ul style="list-style-type: none"> · 읽기 쉽고, 별도 장비가 필요 없음 · 한 명이 한 곳에서만 활용함 · 특정 장치와의 호환성이 상관없음 · 타 교과 연동을 위해 별도 구입함 	<ul style="list-style-type: none"> · 별도의 H/W, S/W 등이 필요함 · 다수가 여러 곳에서 접속 가능함 · H/W와 S/W의 호환이 중요함 · 타 교과와 연동 학습이 가능함
상호작용성	<ul style="list-style-type: none"> · 원하는 정보를 볼 수만 있음 · 의사소통의 역할이 불가능함 	<ul style="list-style-type: none"> · 정보 검색 및 피드백이 빠름 · 다양한 의사소통 기능을 제공함
독자 관계	<ul style="list-style-type: none"> · 장애인에 맞는 서책을 별도 개발함 · 저자와 독자가 뚜렷이 구분함 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조공학장치로 그대로 활용함 · 독자도 저자가 될 수 있음
유통 비용	<ul style="list-style-type: none"> · 저작권에 대한 규정이 명확함 · 학생 수가 증가할수록 비용 증가 	<ul style="list-style-type: none"> · 저작권의 범위가 다소 모호함 · 학생 수가 증가할수록 저렴함

교수 설계 측면에서 디지털교과서는 직선형뿐만 아니라 분지형, 하이퍼링크형 설계로 쌍방향 학습과 개인의 능력에 따른 개인별 맞춤 학습이 가능하며, 자료 형태 측면에서는 멀티미디어 위주, 인터넷 기반으로 사용이 가능하고, 최신 정보와 연결이 가능하다. 자료 관리 측면에서 디지털교과서는 내용을 편집하기 쉬우며, 실시간으로 수정된 내용을 제공할 수 있다. 자료 접근 측면에서 디지털교과서는 별도의 기기와 소프트웨어가 필요하긴 하나, 상호작용 측면에서 디지털교과서는 의사소통기능이 가능하고, 정보 검색 및 피드백이 매우 빠르고 실시간으로 적용될 수 있다는 특징이 있다.

2.1.3. 디지털교과서 관련 정책 추진 경과

디지털교과서 도입은 2002년 당시 교육인적자원부가 수립한 ‘지식정보화 사회의 새로운 교수·학습체제 구축 대비 전자교과서 개발 및 중·장기 계획’을 통해 처음 정책으로 공식화되어 추진되기 시작하였다. 이 계획은 추진배경에서 현재 학교교육의 획일적인 서책형교과서를 탈피하여 ICT를 활용한 새로운 형태의 디지털교과서로의 전환에 대비할 필요가 있음을 밝히고 있다. 그러나 디지털교과서 도입이 본격적인 정책으로 구체화된 것은 2007년 당시 교육인적자원부가 수립 및 발표한 ‘디지털교과서 상용화 추진 방안’이었다. 이는 후속 조치에 해당하는 2007년 4월 ‘디지털교과서 개발·집행 계획’ 수립을 통해 주요 정책 집행 방안이 마련되었으며, 예산 확보를 통해 실행력을 갖게 되었다. 또한 이후 2011년까지 매년 이 계획을 토대로 해당 연도 사업 계획이 수립되어 정책이 추진되어 왔다.

디지털교과서 도입 정책은 2011년 6월 당시 교육과학기술부가 발표한 ‘스마트교육 추진전략’과 2012년 6월 ‘스마트교육 추진전략에 따른 교과서 개선 계획’ 수립을 통해 디지털교과서 도입에 따른 교과서 제도 개선 방향, 본격 도입 시기, 도입 범위 등을 제시하였다.

한국교육학술정보원(2014)에 따르면, 2012년 이후 추진된 디지털교과서 정책 추진 현황은 연도별로 제도 정비기(2012년), 개발기(2013년), 적용기(2014~2016년) 등 3단계로 구분할 수 있다. 디지털교과서 제도 정비기인 2012년에는 디지털교과서를 「교과용도서제에 관한 규정」에 따른 전자저작물 형태의 교과용도서로 포함하였으며, 교과용도서의 저작물 이용 보상금 기준에 포함되어 디지털교과서의 온라인 전송이 가능하게 되었다. 디지털교과서 개발기인 2013년에는 초등학교 3~4학년 및 중학교 1학년 사회, 과학 교과를 디지털교과서로 개발하였다. 디지털교과서 적용기인 2014년에는 디지털교과서 적용 원년으로 초등학교 3~4학년 및 중학교 1학년 사회, 과학 교과 디지털교과서를 시범 적용하였고, 초등학교 5학년 사회, 과학 교과 디지털교과서를 개발하였다. 2015년에는 디지털교과서 정책 연구학교를 134개교 지정하였고, 디지털교과서 활용 희망학교 1,458개교, 희망교원 548

명도 함께 운영하였다. 2016년에는 디지털교과서 정책 연구학교로 128개교가 지정되어 운영되었다.

2017년까지 교육부에서는 2009 개정 교육과정에 의거하여 영어, 사회, 과학 디지털교과서를 개발하고 163개의 연구학교에서 적용하였다(한국교육학술정보원, 2014). 이를 토대로 2015 개정 교육과정에서는 초등 3, 4학년과 중학교 1학년의 영어, 사회, 과학 디지털교과서를 개발하고, 2018년부터 연차적으로 적용하고 있다(표 2-2 참고).

[표 2-2] 2015 개정 교육과정 디지털교과서 적용

학교급	학년(교과)	2018학년도	2019학년도	2020학년도	2021학년도
중학교	1학년 (사회/과학/영어)	적용	→	→	→
	2학년 (사회/과학/영어)		적용	→	→
	3학년 (사회/과학/영어)			적용	→

2.1.4. 디지털교과서 활용 및 기대효과

디지털교과서는 최신 스마트기기 뿐만 아니라 일반 PC와 노트북에서도 이용이 가능하다. 윈도우 PC 및 노트북, 안드로이드 스마트패드 및 스마트폰, iOS 아이패드 및 아이폰에서 모두 지원한다. 또한 유선 또는 무선 인터넷 환경에서 이용할 수 있으며, 교과서 다운로드 후에는 인터넷 접속 없이 이용 가능한 오프라인 모드를 지원한다. 교실환경과 활용 목적에 따라 다양한 형태로 활용이 가능하다. 활용 사례를 크게 3가지로 범주화하면, 다음 [표 2-3]와 같다.

[표 2-3] 디지털교과서 활용 사례

활용 사례	수업 중 교사와 학생 활용		교사 수업자료 활용	방과후 또는 가정 학습
	무선AP +디바이스	유선 +데스크탑	교사용PC +디스플레이 장치	PC/노트북 활용

디지털교과서의 활용이 교사와 학생에게 미치는 효과는 [그림 2-3]과 같이 교과 내용의 확장성, 시간과 공간의 확장성, 학습 활동의 확장성으로 구분할 수 있다(안성훈 등, 2014).



[그림 2-3] 디지털교과서의 효과(안성훈 등, 2014)

디지털교과서는 교과 내용의 확장성으로 인해 기존 서책형교과서 내용에 대한 단선적인 이해뿐만 아니라 멀티미디어, 보충 및 심화자료 등의 제공으로 교과에 대한 이해의 폭과 깊이를 심화시킬 수 있는 기회를 갖게 된다. 또한 지식 및 경험 등의 학습 활동의 확장성으로 인해 다양한 학습 자료를 다양한 형태로 제공받게 된다. 따라서 이전에는 불가능했던 다양한 학습 활동을 디지털교과서를 통해서 제공받을 수 있게 되었으며, 이를 통해 학습자들이 직간접적인 지식 및 경험을 할 수 있는 기회를 갖게 된다. 마지막으로 시간과 공간의 확장성으로 인해 학습자가 디지털 기기를 통해서 시간과 장소를 불문하고 콘텐츠를 접속할 수 있으며, 교과내용과 관련된 다양한 정보를 쉽게 얻을 수 있는 효과를 가질 수 있다.

또한 한국교육학술정보원(2017)에 따르면, 디지털교과서를 활용한 연구학교 사전·사후 검사 결과, 자기주도적 학습력, 창의성 등 학생 역량이 향상되고, 교실수업은 정보탐색, 토의토론, 프로젝트 활동 등 학생 중심 활동이 강화되었다.

2.2 외적 표상

2.2.1. 과학교육에서의 표상

과학교육 분야에서 표상을 중심으로 하는 교육에 대한 관심이 많아지고 있지만, 표상이라는 용어가 다양한 의미를 지닌 채 혼용되고 있다. 먼저, 표상의 사전적 정의는 ‘지각 또는 기억에 근거하여 의식할 수 있게 된 관념 또는 심상’ 혹은 ‘감각적으로 외적 대상을 의식상에 나타내는 심상이며 사고에 의한 논리적, 추리적 개념과는 구분되는 것’이다. 과학교육이나 과학철학 연구에서는 ‘표상(representation)이라는 용어가 사고 과정 자체, 또는 사고 과정을 통해 나타난 산출물을 뜻하거나 양자 모두를 지칭하는 의미로 쓰인다. 또한 “표상은 시각화, 모델, 모델링 등 다른 용어와 뚜렷하게 구분되지 않고 사용되고 있다”(조광희 등, 2015에서 재인용).

또한 Peirce(1986)는 삼각형의 구조를 통해 의미의 생성을 기호학적으로 설명하는데, 이 삼각형 모형에는 대상체, 해석체, 표상체가 포함되어 있다. 예를 들어, 대상체가 물체에 힘이 작용하고 있는 현상이라면, 해석체는 힘이고, 표상체는 힘에 대한 화살표 표시를 의미한다. 즉, 개념을 이해하기 위해 표상이 사용된다고 할 수 있다.

한편, Paivio(1986)는 어떤 실체가 마음에 떠올려지는 것을 표상이라고 설명한다. 이 때 개인의 정신 심상 과정, 즉, 정신적으로 이미지를 떠올리고 조작하는 것을 내적 표상이라고 하며(Kosslyn, 1994), 다양한 형식을 빌려 외적으로 표현한 것을 외적 표상이라고 한다(Eisner, 1994). 국내 연구에서도 표상을 내적 표상과 외적 표상으로 구분하는 경향이 있다. 내적 표상은 외부로 표출되지 않은 개인의 정신 모형을 의미하고, 외적 표상은 하나의 현상이나 개념 등을 직접적으로 설명하는 글이나 말 등의 언어적 정보와 그림, 애니메이션, 모형, 실험 과정, 공식, 그래프 등의 시각적 정보로 나눌 수 있다(조광희 등, 2015).

2.2.2. 과학교육에서의 외적 표상

외적 표상에는 특정 현상이나 개념을 설명하는 글이나 말과 같은 언어적 정보와 이들을 묘사하고 표현하는 그림, 동영상, 모형, 실험, 공식, 그래프 등과 같은 시각적 정보들이 모두 포함된다(Treagust et al., 2003). 과학 교과에서는 과목의 고유한 특성상 추상적인 성격을 가지는 과학 개념을 표상하기 위해 그래프나 도표, 다이어그램, 모형 등을 많이 사용한다. 이러한 외적 표상들은 효과적으로 개념을 설명하는 의사소통의 도구로서 역할을 수행할 뿐만 아니라 내적 표상에 대한 의미를 부여한다는 점에서 중요하다(Gilbert & Treagust, 2009).

과학교육 분야에서는 주로 외적 표상을 분류하거나 학생들의 외적 표상에 대한 활용 등을 중심으로 연구가 진행되어 왔다. 그 중에서도 외적 표상들을 종류, 기능 등에 따라 분류한 다양한 분석틀을 사용한 연구들이 매우 다양하다. 이러한 연구들에서는 종류와 역할 혹은 기능에 따라 외적 표상을 분석하거나(이형철과 안정희, 2005; 정덕윤과 한재영, 2006; 정충덕, 2007; 김수정과 한재영, 2007; Pozzer & Roth, 2003; Treagust et al., 2003), 여기에 또 다른 범주를 추가한 분석틀을 사용하였다(오지연 등, 2017; 김혜진, 2009). 오지연 등(2017)은 사회학적 기호의 특징에 따른 범주를 추가하여 관념적 메타기능, 상호적 메타기능, 구성적 메타기능으로 유형화하였으며, 김혜진(2009)은 보조 자료의 유형에 따른 범주를 추가하여 내부, 상세, 결과, 강조, 과정, 설명, 나열 유형으로 구분하였다. 외적 표상을 종류와 기능으로 분류한 대표적인 연구를 통해 하위 범주를 살펴보면, 외적 표상의 종류를 언어적 표상과 시각적 표상을 구분하고, 언어적 표상의 하위 범주로는 언어를, 시각적 표상의 하위 범주로는 사진, 그림, 그래프, 표, 식을 제시하였고(Pozzer & Roth, 2003), 특히 물질 분야에서는 거시적, 미시적, 상징적 표상으로 하위 범주를 제시하였다(강훈식 등, 2007; Treagust et al., 2003). 또한 외적 표상의 기능을 장식적, 설명적, 예시적, 보충적으로 분류하였다(Pozzer & Roth, 2003).

제 3 장 연구 방법

3.1 연구 대상

3.1.1. 교과서 분석

본 연구에서는 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 유형과 특징을 비교하기 위하여, 서책형교과서와 디지털교과서에서 모두 검인정 받은 교과서들을 선정하였다. 2009 개정 교육과정의 경우, 중학교 1학년 과학 디지털교과서는 8개의 인정도서가 개발되었던 반면, 2015 개정 교육과정은 2018년 3월을 기준으로 2개의 디지털교과서만 검정을 받은 상태였다. 이에 2015 개정 교육과정에서 디지털교과서 검정을 받은 (주)천재교과서와 (주)와이비엠 출판사의 교과서를 분석 대상으로 선정하였다. 2009 개정 교육과정에 대해서는, 2009 및 2015 개정 교육과정에 대한 분석 대상의 통일성을 고려하여 두 교육과정 모두에서 디지털교과서의 검인정을 받은 (주)천재교과서의 디지털교과서를 선정하고, 분석 대상의 특징을 고려하여 동아출판(주)을 분석 대상으로 하였다.

[표 3-1] 연구대상 서책형교과서와 디지털교과서

출판사	2009 개정 교육과정		2015 개정 교육과정		연구대상 선정 (관련 단위)
	서 책 형	디 지 털	서 책 형	디 지 털	
(주)천재 교과서	인정	인정	검정	검정	선정 (2009 개정 교육과정 - Ⅲ. 힘과 운동 - 1. 힘, 2015 개정 교육과정 - Ⅱ. 여러 가지 힘)
(주)와이 비엠	-	-	검정	검정	선정 (2015 개정 교육과정 - Ⅱ. 여러 가지 힘)
동아 출판(주)	인정	인정	검정	-	선정 (2009 개정 교육과정 - Ⅲ. 힘과 운동 - 1. 힘)

본 연구에서는 단위 선택에 있어서도 교육과정 간 통일성을 고려하였다. 두 교육과정에서 공통적으로 다루고 있는 단원은 힘, 물질의 상태, 지권의 변화에 대한 부분이었으며, 이 중에서 힘과 관련한 물리 단원에 초점을 두었다. 물리 영역은 다른 영역에 비해 물리현상에 대한 이해를 위한 도표와 그래프, 수식, 여러 현상의 유기적인 관계 등 많은 정보가 포함된 시각 자료들을 많이 제시하고 있다(노상미 등, 2017). 또한 다른 영역에 비해 시각표현형이 조합된 경우의 수가 가장 많은 편으로 정보내용의 표현을 가장 다양하게 표현하며, 개념간의 위계적 관계가 명확한 특성을 가지고 있다. 특히 물리 영역의 ‘힘과 운동’에 관련된 내용은 교육과정에서 많은 부분을 차지함에도 불구하고 학생들이 과학적 개념을 적절히 표상하기 어려워한다고 보고되었다(배대성과 유준희, 2012; Halloun & Hestenes, 1985). 따라서 본 연구에서는 물리 영역의 힘과 관련한 단위에서 제시된 외적 표상의 역할과 중요성에 주목하였다.

하지만 2009 및 2015 개정 교육과정의 힘과 관련한 단위에서 다루고 있는 학습 내용과 성취수준의 범주가 달랐다. 2015 개정 교육과정에서는 ‘Ⅱ. 여러 가지 힘’ 단위에서 힘의 종류와 개념에 대해서 다루는 반면, 2009 개정 교육과정에서는 ‘Ⅲ. 힘과 운동’ 단위에서 운동과 관련한 내용까지 포괄하고 있었다. 2009 개정 교육과정의 학습 분량이 더 많았기 때문에 교과서의 페

이지 수도 2009 개정 교육과정이 더 많았다. 이에 본 연구진은 두 교육과정의 학습 내용 범주를 균형 있게 조정하기 위하여, 2009 개정 교육과정의 첫 번째 중단원인 ‘힘’ 단원만을 대상으로 하였다. 두 번째 중단원인 ‘운동’ 단원에서 포함하고 있는 내용과 성취 기준이 표상의 차이에 큰 영향을 줄 수 있는 거리-시간 그래프, 속력-시간 그래프 등을 포함하기에, 관련 개념 범주의 통일성을 유지하기 위해 분석 대상에서 제외하였다.

결론적으로 본 연구에서는 표 1의 ‘연구대상 선정 (관련 단원)’과 같이 2009 개정 교육과정의 경우, (주)천재교과서와 동아출판(주)에서 출간된 서책형교과서와 디지털교과서에서 ‘Ⅲ. 힘과 운동’의 중단원에 ‘힘’에서 제시된 외적 표상들을 합산하여 분석하였다. 2015 개정 교육과정의 경우, (주)천재교과서와 (주)와이비엠에서 출간된 중학교 1학년 과학 서책형교과서와 디지털교과서의 ‘Ⅱ. 여러 가지 힘’ 단원에서 제시된 외적 표상들을 합산하여 분석하였다.

3.1.2. 교사 면담

본 연구는 디지털교과서를 활용해 본 경험이 있는 교사들이 외적 표상에 대해 어떻게 인식하고 있으며 활용하고 있는지, 외적 표상이 교실 상호작용에 어떤 영향을 끼치는지에 대해 알아보기 위해 개별 심층 면담을 실시하였다. 교사 인식에 대해 탐색한 연구 중 개별 심층 면담의 경우, 10명 이내의 연구 참여자를 대상으로 한 사례가 많다. 교사들의 디지털교과서 수용 방해 요인에 관한 질적 탐색을 한 송연옥과 변호승(2013)은 디지털교과서 연구 학교 교사 5명을 대상으로 심층면접조사를 하였고, 교사의 교과서 활용 방식에 관한 질적 연구 사례로서 박인옥(2005)은 1명의 교사를 대상으로 심층 면담을 하였다. 이러한 점들을 고려하여 본 연구의 연구 대상은 디지털교과서를 활용해 본 경험이 있는 중학교 과학 교사 3명이다.

[표 3-2] 연구 참여 교사

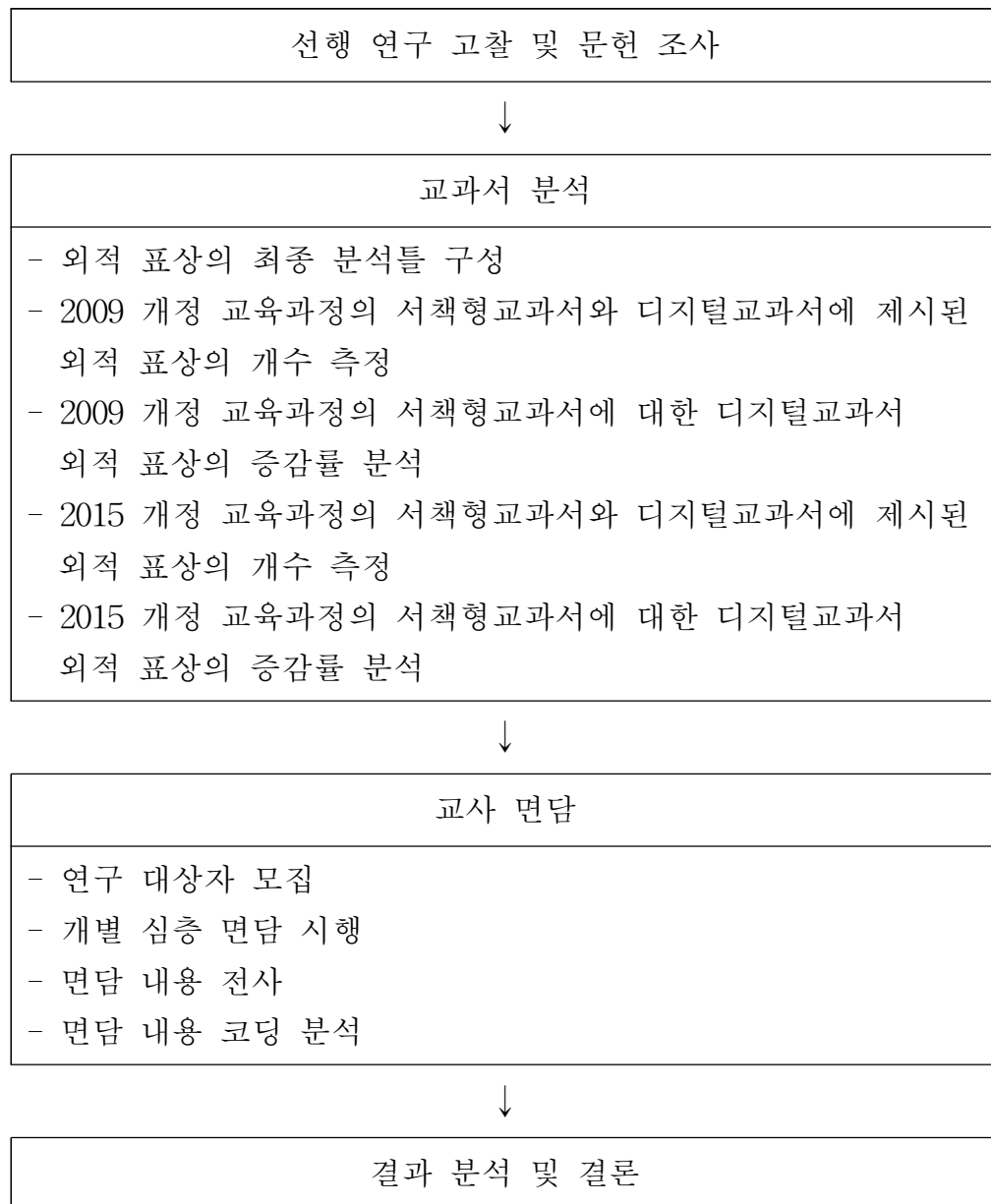
구분	성별	교사 경력	디지털교과서 사용 기간	근무 학교 특징
A교사	남	7년	1년	2017년 연구학교
B교사	남	3년	도입 시작	2018년 연구학교
C교사	여	33년	3년	2017년 연구학교

A교사는 디지털교과서 2017년 연구학교인 중학교에서 근무하고 있으며, 총 교사 경력은 7년이다. 과학 교과 중에서 주전공은 물리이며, 중학교보다는 고등학교에서의 근무를 희망하는 특징이 있다. 디지털교과서 사용 기간은 1년이며, 모든 수업 시간에 디지털교과서를 활용하였다. 그러나 A교사는 디지털교과서를 자의가 아닌 타의에 의해서 사용한 것이므로 매우 부정적인 인식을 지니고 있었고, 연구학교로 지정되지 않은 2018년에는 디지털교과서를 활용하고 있지 않았다. B교사는 디지털교과서 2018년 연구학교인 중학교에서 근무하고 있으며, 총 교사 경력은 3년이다. 과학 교과 중에서 주

전공은 생명과학이다. B교사가 근무하고 있는 학교에서는 플랫폼 제공이 되지 않았기 때문에 디지털교과서를 2018년 2학기부터 도입할 수 있었다. 이에 1학기 동안에는 교사 개인이 디지털교과서를 활용한 다양한 수업 방식을 연구하였다. C교사는 디지털교과서 2017년 연구학교인 중학교에서 근무하고 있으며, 총 교사 경력은 33년이다. 과학 교과 중에서 주전공은 생명과학이다. C교사는 디지털교과서가 중학교에 도입되기 시작한 2014년부터 2년 동안 활용하였고, 1년 휴직 후 2017년에 다시 디지털교과서를 활용하였다. 연구학교로 지정되지 않은 2018년에는 디지털교과서를 활용하고 있지 않았다.

3.2 연구 절차

이 연구는 [그림 3-1]과 같은 연구 절차에 의해 수행되었다.



[그림 3-1] 연구 절차

디지털교과서의 정의, 도입 배경, 현황 등에 대한 선행 연구를 고찰하고 관련된 문헌을 조사하였다. 또한 외적 표상의 정의 및 과학 교육에서의 외적 표상, 과학 교과서에 제시된 외적 표상에 대한 선행 연구를 고찰하였으며, 특히 외적 표상의 종류 및 분석틀에 대한 문헌 조사를 통해 본 연구에 적합한 외적 표상의 분석틀을 구성하였다. 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 개수를 측정하고, 서책형교과서에 대한 디지털교과서 외적 표상의 증감률을 분석하였다. 같은 방식으로 2015 개정 교육과정의 교과서 분석을 수행하였고, 교육과정별 외적 표상의 개수 변화를 분석하였다. 이를 토대로 디지털교과서를 실제로 사용하는 교사들의 외적 표상에 대한 인식, 활용, 상호작용 양상에 대해 알아보기 위해 면담을 실시하였다. 개별 심층 면담을 각 교사마다 총 3회 실시하고, 면담 내용은 모두 전사하여 이후 전통적 내용 분석 방식으로 코딩하여 범주화하였다. 최종적으로 교과서 분석 결과와 교사 면담 결과를 종합적으로 분석하여 결론에 이르렀다.

3.3 연구 내용

3.3.1. 교과서 분석

(1) 분석틀

본 연구에서는 외적 표상의 유형과 특징을 조사하기 위하여, 외적 표상의 종류, 기능, 제시방법이라는 3가지 측면에서 특징들을 분석하였다. 이를 위하여 선행연구들을 토대로 분석틀을 구성하였는데, 선행연구 대부분은 서책형교과서에 제시된 외적 표상을 대상으로 분석틀을 개발한 경우가 많기 때문에, 디지털교과서의 맥락을 고려하여 기존 분석틀을 수정 및 보완하였다. 이렇게 개발된 예비 분석틀에 따라, 2인의 분석자가 1종의 서책형교과서와 디지털교과서를 분석하였다. 연구자들 간의 일치하지 않은 부분에 대해서 지속적으로 피드백, 수정 및 보완하면서 초기 분석틀의 요소와 기준을 명료하게 정하였다. 두 분석자 간의 분석의 일치도가 .97 이 될 때까지 수정 및 보완하였으며, 서책형교과서와 디지털교과서를 동시에 분석할 수 있는 외적 표상의 최종 분석틀을 다음과 같이 구성하였다.

외적 표상의 종류는 표현 형태와 추상성 정도에 따라 분석하였다. 표현 형태에 따른 종류는 Pozzer & Roth(2003), 강훈식 등(2007)이 활용했던 외적 표상에 대한 분석틀을 본 연구의 맥락에 맞추어 ‘언어적, 시각적, 청각적, 혼합형 표상’으로 재구성하였으며, 각 표상들의 특징은 [표 3-3]과 같다. 또한 과학 현상이나 개념이 얼마나 추상화된 형태로 표현되는지에 따라 Treagust et al.(2003)의 분석틀을 토대로 ‘거시적, 미시적, 상징적 표상’으로 분류하였다.

[표 3-3] 외적 표상의 종류에 대한 분석틀

범주	종류		설명
표현 형태	언어적	언어	하나의 현상이나 개념 등을 직접적으로 설명하는 글
	시각적	사진	물체를 있는 모양 그대로 카메라로 찍어낸 시각자료
		그림	선이나 색채를 써서 사물의 형상이나 이미지를 평면 위에 나타낸 시각자료
		그래프	그래프는 여러 가지 자료를 분석하여 그 결과를 직선이나 곡선으로 나타내어 한눈에 볼 수 있도록 하는 시각자료
		표	어떤 내용을 일정한 형식에 따라 한눈에 알아볼 수 있도록 나타낸 시각자료
	식	숫자, 문자, 기호를 사용하여 수학적 및 과학적 관계를 나타낸 시각자료	
청각적	소리	음악 파일 등의 자료	
혼합형	동영상	언어, 시각, 청각이 모두 포함되어 있는 자료	
추상성	거시적	현상이나 실험과 같이 육안으로 볼 수 있는 차원의 정보	
	미시적	입자 수준에서 표현된 글, 그림, 애니메이션, 모형 등의 정보	
	상징적	과학에서 활용되는 여러 공식이나 그래프	

외적 표상의 기능은 제시된 자료들이 과학 학습과 관련하여 담당하는 역할로서(Pozzer & Roth, 2003), 특히 본 연구에서는 학생의 실제 학습 과정이 아닌 교과서에 제시된 표상의 기능에 초점을 맞추고자 하였다. Pozzer & Roth(2003)의 분석틀을 토대로 외적 표상의 기능의 하위 범주에 ‘설명적, 예시적, 보충적, 요약적, 수행적 기능’을 설정하였으며, 각 기능별 세부 특징은 [표 3-4]와 같다. 여러 기능들 중에서, 시각 자료 및 표상과 관련한 연구들에서 포함되었던 ‘장식적 기능’은 본문 내용과 관련 없이 교재를 꾸미기 위한 역할을 하는데, 이는 본 연구의 목적인 서책형교과서와 디지털교과서에서의 외적 표상들이 갖는 특화된 교육적 기능을 살펴보는 데에 의미 있는 시사점을 주지 않을 것으로 판단되어 분석틀에 포함시키지 않았다.

[표 3-4] 외적 표상의 기능에 대한 분석틀

기능	설명
설명적 기능	교과서에 기술되어 있는 내용을 학습자가 잘 이해할 수 있도록 나타냄
예시적 기능	본문에 나타난 구체적인 현상이나 사물을 보여주기 위함
보충적 기능	본문의 내용 이외에 추가적인 정보를 제공함
요약적 기능	교과서의 본문에서 이미 제시된 내용이나 앞으로 제시될 내용에 대해 추려 놓음
수행적 기능	표나 개념도, 빈 칸 등의 형태로 학습 내용을 다시 확인하거나 실험 결과, 문제 등에서 내용을 기입하게 함

마지막으로, 외적 표상의 제시방법은 표상들을 교과서에서 어떠한 위치에, 어떤 방식으로 제시하는가와 관련된다. 본 연구에서는 이와 관련하여 Mayer의 다중 표상 학습 관련 이론(Mayer, 2003)에 근거하여 세분화한 강훈식 등(2007)의 분석틀을 토대로 본 연구의 맥락에 맞추어 재구성하였다. 이에 표상의 제시 형태를 분류함에 있어서, 표상이 정지해 있는 ‘정화상’, 움직이는 표상인 ‘동화상’과 두 가지 경우를 모두 포함하는 ‘정화상 & 동화상’

의 하위 범주를 포함하였다. 더불어 표상을 어떻게 제시하는가는 교과서의 공간 활용 형태와 관련하여 강훈식 등(2007)이 활용했던 시각적 표상과 언어적 표상 간의 공간적 근접성에 대한 분류 기준을 활용하였다. 구체적으로 살펴보면, 시각적 표상 안에 언어적 표상이 들어 있는 ‘삽입’, 근처에 위치한 ‘근처’, 두 경우를 모두 포함한 ‘삽입 & 근처’, 다른 페이지에 제시되어 있는 경우들을 조사하였다. 나아가 디지털교과서에서만 드러날 수 있는 공간 활용 형태와 관련하여, 클릭을 했을 때 외적 표상에 나타나는 방법들로서 ‘클릭-팝업’, ‘클릭-전환’을 [표 3-5]와 같이 유형화하여 추가하였다.

[표 3-5] 외적 표상의 제시방법에 대한 분석틀

범주	제시방법	설명
제시 형태	정화상	움직이지 않고 정지해 있는 표상
	동화상	움직임이 있는 표상
	정화상 & 동화상	위의 경우 모두 포함
공간 활용 형태	삽입	시각적 표상 안에 언어적 표상이 들어있음
	근처	시각적 표상과 언어적 표상이 근처에 있음
	삽입 & 근처	언어적 표상이 시각적 표상 안, 시각적 표상의 근처에 모두 제시됨
	다른 페이지	시각적 표상과 언어적 표상이 서로 다른 페이지에 제시됨
	클릭-팝업	클릭하여 새로운 화면으로 내용이 나오는 제시방법
	클릭-전환	클릭하여 움직이거나, 화면이 전환되어 내용이 나오는 제시방법

(2) 분석 방법

위와 같이 구성된 분석틀을 활용하여 연구진은 각 분석 항목에 해당되는 사례들의 개수를 기술하고, 서책형교과서와 디지털교과서 간의 개수를 비교하는 것을 넘어서 서책형교과서에 대한 디지털교과서 외적 표상들의 증감률을 분석하였다. 이는 디지털교과서의 표상들은 서책형교과서에서의 표상들을 변형, 확장된 형태로 개발한다는 점을 반영한 것이다. 다시 말해, 디지털교과서에 제시된 표상은 서책형교과서의 구성에 의존하여 구성된 것이기 때문에, 서책형교과서의 특징에 비추어 어떤 변화가 있었는지 살펴보는 것이 적합하다고 판단하였다. 이에 서책형교과서에 대한 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 ‘증감률’을 통해 디지털교과서에서 구성된 외적 표상의 특징을 살펴보았다. 예를 들어, 서책형교과서에서의 표상이 100개, 디지털교과서에서의 표상이 120개인 경우, 증가한 개수는 20개이다. 증감률은 기존 서책형교과서의 표상 100개에 대해 증가한 표상의 개수 20개에 대한 백분율을 계산하여, 20%로 기술하였다.

이러한 맥락을 고려하여, 본 연구에서는 [표 3-6]과 같이 두 번의 분석 과정을 거쳤다. 첫 번째 분석은 교과서 형태에 따른 비교로서, 각 교육과정별로 서책형교과서와 디지털교과서 간의 외적 표상의 특징을 비교한 것이다. 이는 본 연구에서 제시한 첫 번째 연구 문제인 ‘서책형교과서와 비교했을 때, 디지털교과서에 제시된 외적 표상들의 특징은 무엇인가?’와 관련된다. 두 번째 분석은 교육과정에 따른 비교로서, 두 교육과정 간, 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 변화를 비교하였다.

[표 3-6] 2009 및 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서의
분석 방법

형태 교육과정	서책형 교과서	디지털 교과서	교과서 형태에 따른 분석(1)	교육과정에 따른 분석(2)
2009 개정 교육과정	2009 개정 기반 과학 서책형교과서	2009 개정 기반 과학 디지털교과서	2009 개정 서책형과 디지털 간의 외적 표상의 특징 비교	두 교육과정 간, 서책형에서 디지털로의 외적 표상의 변화 비교
2015 개정 교육과정	2015 개정 기반 과학 서책형교과서	2015 개정 기반 과학 디지털교과서	2015 개정 서책형과 디지털 간의 외적 표상의 특징 비교	

끝으로 본 연구에서는 교과서에 제시된 과학 내용을 ‘개념설명’ 영역과 ‘탐구활동’ 영역으로 나누어 분석하였다. 두 영역에서 표상은 나름의 역할을 하는데, 개념과 관련하여 과학 개념을 이해하기 위한 수단이 될 수 있으며, 탐구활동과 관련하여 학생들의 과학적 사고를 촉진하고 과학적 실행 능력을 증진시키기 위한 중심 역할을 할 수 있다(윤혜경 등, 2017). 이는 교과서에서의 자료들이 과학 내용이나 개념에 대한 부연 설명과 자료를 제공하거나, 차시별 탐구활동을 안내하고 탐구결과를 설명하는 역할을 한다는 선행 연구 결과를 반영한 것이다(성승민 등, 2016).

3.3.2. 교사 면담

본 연구는 교사가 교과서에 제시된 외적 표상 몇 가지를 몇 번 사용했는가를 분석하는 것보다는 어떠한 수업 방식에서 어떤 외적 표상을 얼마나 사용하였는지 혹은 어떻게 사용하였는지를 분석함으로써 과학교실에서의 상호작용 양상을 보기 위한 것이다. 따라서 양적 방법보다는 질적 방법이 적합하다. 특히 질적 방법 중에서도 “사례 연구는 사회과학 연구의 한 방법으로서 다른 연구 전략과 마찬가지로 특정 선례에 따라 경험적인 주제를 연구하는 방식으로, 어떻게(how), 혹은 왜(why)라는 의문이 제기될 때, 연구자가 상황이나 사건에 대해 통제할 수 없을 때 그리고 연구의 초점이 실생활의 맥락과 관련된 현재의 현상일 때 주로 선호되는 방법이다”(Yin, 1994; 박인옥, 2005에서 재인용). 본 연구에서는 디지털교과서를 활용해 본 경험이 있는 교사라는 특정 경험에 따른 사례를 통해 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 어떻게 인식하고 활용하였는지, 이를 통한 상호작용이 교실수업에 어떠한 영향을 주었는지를 알아보았다.

Creswell(2015)에 따르면, 질적 자료 분석은 자료 수집, 자료 관리, 읽기 및 메모하기, 기술과 분류 및 해석, 자료 제시 및 시각화의 다섯 가지 단계로 표현된다. 이 단계들은 위계적이지 않고 순환적이며 서로 상호작용한다. 또한 질적 자료 분석의 전반적인 과정은 현장에서 수집된 자료에서 코드를 형성해가는 귀납적 방식이다(Creswell, 2017). 코딩이란 질적 문서 자료를 분해하여 어떠한 내용이 있는지 확인하고 이 자료를 다시 유의미한 방식으로 재구성하는 과정이다. 코딩하는 분석 과정을 전통적인(conventional), 지시적인(directed), 합산적인(summative) 접근법으로 설명하는데, 전통적인 방법은 보편적으로 많은 질적 자료 분석에서 전형적으로 사용하는 방식이기도 하고, 코딩 범주를 자료로부터 직접 도출하는 방식이다(Hsieh & Shannon, 2005).

따라서 본 연구에서 전통적 내용 분석을 활용하였다. 이는 현장을 묘사하기 위해 사용하는 방식이며, 연구 참여자로부터 직접적인 정보를 얻

어 참여자의 언어로 작성하며, 질문과 탐문이 자유로운 형식이다(Hsieh & Shannon, 2005). 코딩 과정에서는 지속적 비교 분석 기법을 사용하였다. 지속적 비교 분석 기법은 귀납적인 접근에서 자료 분석을 시작하여 연역적인 방법으로 이동하였다가 다시 귀납적으로 돌아가는 방식이다. 연구 참여자의 면담 내용을 모두 전사하였으며, 면담 전사 자료를 대상으로 내용을 범주화하였다. 이후 범주화된 내용을 다시 상위 범주로 묶고, 상위 범주에 해당하는 내용들을 추가적으로 발견하기 위해 다시 전사본을 반복하여 읽으며 분석하였다. 타당성 확보를 위하여 공동 연구자와 함께 교차 분석 과정을 거친 후, 의견이 일치할 때까지 협의 과정을 거쳤다.

개별 심층 면담은 총 3회 이루어졌고, 1회당 평균 1시간 정도 소요되었다. 1차 면담의 질문은 [표 3-7]과 같다. 각 교사의 1차 면담은 주로 면담 질문에 맞게 전체적인 내용에 관한 것이었으며, 이 면담 내용에 기초하여 2차 면담은 교과서 분석 결과 자료를 제시하며 외적 표상에 초점을 두고 지시적인 방법으로 진행되었다. 3차 면담에서는 면담 질문에 대하여 연구 참여자의 이야기가 반복되었고, 연구 참여자의 종합 의견을 정리하였다(표 3-7 참고).

[표 3-7] 디지털교과서 외적 표상 활용에 대한 면담 질문

분류	질문(예시)
디지털 교과서 활용 전략	<p>과학 수업에서 디지털교과서를 활용한 강의에 대해 간단히 설명해주세요.</p> <ul style="list-style-type: none"> ·수업의 목표는 무엇인가요? ·어떤 교수 전략을 사용하시나요? ·어떤 수업 자료를 활용하시나요?
디지털 교과서에 제시된 외적 표상 의 활용	<p>디지털교과서에만 제시된 외적 표상의 활용 형태와 빈도</p> <ul style="list-style-type: none"> ·추가된 외적 표상을 얼마나 사용하시나요? ·추가된 외적 표상을 어떤 방식으로 사용하시나요? <p>디지털교과서에서만 활용 가능한 외적 표상이 과학개념을 설명하실 때 어떠한 영향을 끼쳤다고 생각하시나요?</p> <ul style="list-style-type: none"> ·애니메이션 효과 ·청각적 표상(예를 들어, 그림 말주머니를 읽어주는 소리) ·혼합형 표상(예를 들어, 해당 단원의 전반적인 개념을 설명 해주는 동영상) ·용어 설명 및 심화·보충 내용을 설명하는 보충적 기능의 표상 (예를 들어, 클릭하여 제시되는 글로만 이루어진 네모박스) <p>디지털교과서에서만 활용 가능한 외적 표상이 탐구활동을 진행하실 때 어떠한 영향을 끼쳤다고 생각하시나요?</p> <ul style="list-style-type: none"> ·혼합형 표상(예를 들어, 탐구 결과를 제시해주는 동영상) ·직접 변인을 조작하는 시뮬레이션 실험
디지털 교과서를 활용한 과학교실 상호작용	<p>디지털교과서를 활용한 과학교실에서 교사와 학생들 간의 상호작용은 어떠했나요?</p> <ul style="list-style-type: none"> ·수업에서 교사의 역할이 변하였나요? 어떠한 양상으로 변화되었나요? ·학생이 교사에게 얼마나 자주 질문하나요? ·학생이 교사의 발언에 잘 집중하나요? <p>서책형교과서만 활용한 수업과 비교했을 때, 학생의 참여는 어떠했나요?</p> <ul style="list-style-type: none"> ·학생이 흥미를 가지고 수업에 참여하였나요? ·학생이 호기심을 가지고 수업에 참여하였나요? ·학생이 수업에 적극적으로 참여하였나요? ·학생이 수업에 능동적으로 참여하였나요? <p>디지털교과서의 외적 표상이 위의 상호작용에 얼마나 영향을 끼쳤다고 생각하시는지요?</p>

제 4 장 연구 결과

4.1 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징

4.1.1. 외적 표상의 개수와 종류

1) 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징

2009 개정 교육과정 교과서에서 제시된 외적 표상의 개수를 살펴보면, 디지털교과서에서의 외적 표상은 234개로서, 서책형교과서의 외적 표상 개수 128개보다 106개(82.8%) 증가하였다. 이는 디지털교과서와 서책형교과서가 동일한 쪽수로 구성됨에도 불구하고, 제시되는 외적 표상의 개수가 1.8배 가까이 늘어남을 의미한다. 서책형교과서의 내용이 디지털교과서로 전환하면서 표상의 개수가 늘어나는 현상은 개념설명과 탐구활동 영역에서도 동일하게 나타났다(표 4-1 참고). 또한 두 교과서 모두 탐구활동 영역보다 과학개념을 설명하는 영역에서의 외적 표상이 3배 이상 많았는데, 이는 탐구활동보다 개념설명 과정에서 외적 표상이 더 많이 활용된다는 것을 보여준다.

[표 4-1] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 분포 비교 결과 (단위: 개)

기 준	전체			개념설명			탐구활동		
	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)
개 수	128	234	+106 (+82.8%)	95	179	+84 (+88.4%)	33	55	+22 (+66.7%)

외적 표상의 종류에 대한 분석 결과는 [표 4-2]와 같다. 표현 형태에 따른 외적 표상의 종류의 전반적인 경향성을 살펴보면, 서책형교과서와 디지털 교과서 모두 언어적 표상이 가장 많았으며, 시각적 표상이 그 뒤를 따랐다. 반면, 청각적 표상은 한 건도 발견되지 않았고, 혼합형 표상이 디지털교과서에서 총 14개 추가되었다.

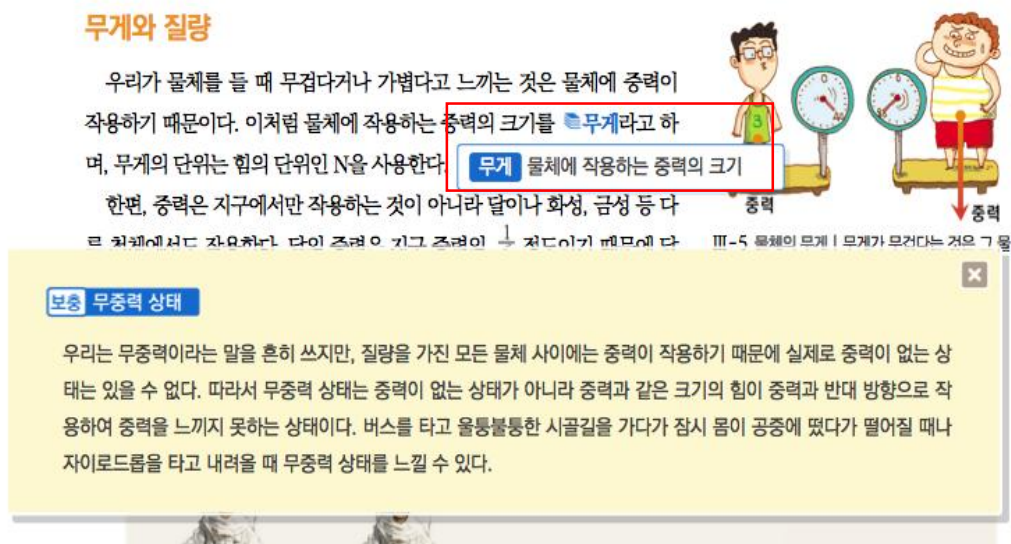
[표 4-2] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 종류 분석 결과 (단위: 개)

종류	전체			개념설명			탐구활동			
	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	
표 현 형 태	언어적 표상	111	211	+100 (+90.1%)	88	166	+78 (+88.6%)	23	45	+22 (95.7%)
	시각적 표상	116	126	+10 (+8.6%)	83	91	+8 (+9.6%)	33	35	+2 (+6.1%)
	청각적 표상	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)
	혼합 표상	0	14	+14 (-)	0	8	+8 (-)	0	6	+6 (-)
추 상 성	거시적 표상	126	232	+106 (+84.1%)	95	179	+84 (+88.4%)	31	53	+22 (71.0%)
	미시적 표상	2	2	0 (0.0)	2	2	0 (0.0)	0	0	0 (-)
	상징적 표상	4	4	0 (0.0)	2	2	0 (0.0)	2	2	0 (0.0)

특히 언어적 표상은 서책형교과서에서 디지털교과서로 개발될 때 가장 많이 증가하였다(100개, 90.1%). 영역별로 살펴보면 개념설명 영역에서는 78개(88.6%), 탐구활동 영역에서는 22개(95.7%) 증가하였다. 디지털교과서에서 언어적 표상이 추가된 사례들을 살펴보면, [그림 4-1]과 같이 과학 핵

심개념이나 핵심 용어에 대한 추가적인 설명을 제공하거나, 학습 내용과 관련한 추가 정보를 제공하는 심화·보충 내용이 주를 이루었다. 이는 공간적 한계로 인해 서책형교과서에서는 제한적으로 제시하였던 심화·보충 자료들을 디지털교과서에서는 충분히 제공할 수 있다는 특징이 반영된 것으로 보인다. 하지만 이렇게 제공된 심화·보충 자료들의 대부분이 다양한 형태의 표상을 나타내기보다는 언어적 표상에 집중된 것은 다소 제한적이라고 볼 수 있다.

언어적 표상 다음으로 많았던 표상은 시각적 표상이다. 시각적 표상은 서책형교과서에서 116개, 디지털교과서에서 126개로, 디지털교과서에서 총 10개(8.6%)의 시각적 표상이 증가하였다. 이러한 증감률은 언어적 표상에서 나타난 결과에 비해 많지 않은 것으로서, 디지털교과서에서 시각적 표상은 서책형교과서에서의 시각적 표상을 거의 그대로 따른다는 것을 볼 수 있겠다. 시각적 표상의 유형별 특징을 살펴보면, [표 4-3]에 제시된 바와 같이 사진과 그림이 전체 시각적 표상의 대부분을 차지했다. 이들은 대부분이 과학 현상에 대한 생활 속 장면, 혹은 탐구활동에 대한 장면들이다(그림 4-2 참고).



[그림 4-1] 언어적 표상의 사례
(주)천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p97)



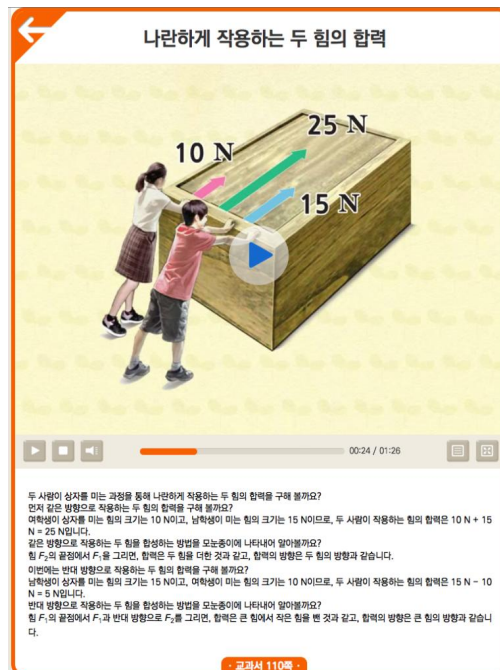
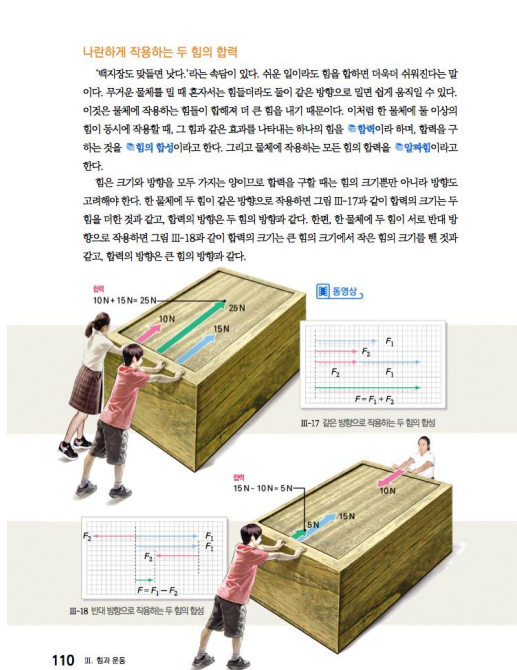
[그림 4-2] 시각적 표상의 사례(1)
(주)천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p95)

[표 4-3] 2009 개정 교육과정의 시각적 표상의 종류와 개수 분석 결과
(단위: 개)

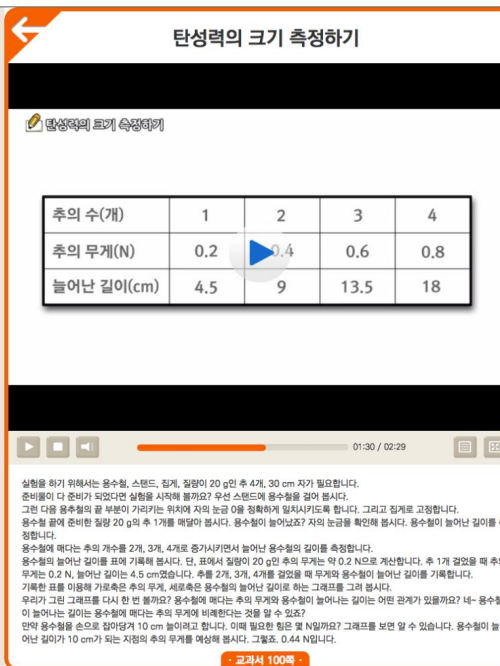
시각적 표상	전체			개념설명			탐구활동		
	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)
사진	61	65	+4 (+6.6%)	42	46	+4 (+9.5%)	19	19	0 (0.0)
그림	44	48	+4 (+9.1%)	37	40	+3 (+8.1%)	7	8	+1 (+14.3%)
그래프	4	4	0 (0.0)	2	2	0 (0.0)	2	2	0 (0.0)
표	7	9	+2 (+28.6%)	2	3	+1 (+50.0%)	5	6	+1 (+20.0%)
식	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)
소계	116	126	+10 (+8.6%)	83	91	+8 (+9.6%)	33	35	+2 (+6.1%)

다음으로 디지털교과서에서만 제시될 수 있는 차별화된 표상으로서, 혼합형 표상들은 모두 시각과 청각이 혼합된 동영상 자료였으며, 디지털교과서에서 14개 증가하였다(개념설명 영역 8개, 탐구활동 영역 6개). 혼합형 표상들은 제시된 영역에 따라 역할이 달랐는데 예를 들어, 개념설명 영역에서 제시된 동영상은 [그림 4-3]과 같이 8개 전부 서책형교과서에서 그림으로 제시되었던 설명과 동일한 내용을 동영상이나 연속적인 화면으로 전환하여 보여주는 형식을 취하였다. 한편, 탐구활동 영역에서 제시된 동영상 6개 중 5개는 탐구 준비, 과정, 결과를 설명해주는 것이었고, 나머지 1개는 탐구 결과를 조작에 따라 순차적으로 보여주는 것이었다. 예를 들어 [그림 4-4]와 같이 탄성력의 크기를 측정하는 탐구활동에서 제시된 동영상에서 먼저 준비물을 소개하고, 실험 방법을 실험자가 직접 실험을 수행하는 모습을 제시하였다. 이 후 실험 결과의 정확한 수치를 표에 기입하고 그래프로 나타내어 실험 결과까지 도출하여 제시하였다.

한편, 추상성 정도에 따른 외적 표상의 종류를 살펴보면, 거시적 표상이 대부분의 비중을 차지하였다(표 4-2 참고). 전체적으로 디지털교과서에서 서책형교과서에서보다 106개 증가(84.1%)하였다. 미시적 표상은 2개, 상징적 표상은 4개가 있었으나 서책형교과서에서와 디지털교과서에서의 차이는 없었다. 이렇게 추상성 정도에 따른 여러 표상들 중에서 거시적 표상이 많았던 이유는 중학교 교육과정에서 다루는 ‘힘’ 개념이 주로 거시적 차원에서의 개념들을 다루기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 중학교 1학년 과정에서는 거시적 차원에서의 힘만 학습하기 때문이다. 이에 비해 미시적 표상은 2009 개정 교육과정에서만 2개 발견되었는데, 이는 전기력과 관련한 개념 설명에서 등장하였다. 상징적 표상 4건은 모두 그래프로 제시되었다. 힘에 대한 단원에서는 주로 탄성력과 관련하여, 추의 무게에 따라 늘어난 용수철의 길이를 구하거나 설명하는 과정에서 상징적 표상으로서 그래프가 등장하였다.



[그림 4-3] 개념설명 영역에서 혼합형 표상의 사례
(주)천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p97)



[그림 4-4] 탐구활동 영역에서 혼합형 표상의 사례
(주)천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p100)

2) 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된

외적 표상의 특징

2015 개정 교육과정의 교과서들에서 나타나는 외적 표상들의 특징은 2009 개정 교육과정에서와 동일했다. 디지털교과서에서 제시된 외적 표상의 총 개수는 292개로서, 서책형교과서의 외적 표상 개수 204개보다 88개(43.1%) 증가하였다. 과학 교과서에서의 외적 표상은 탐구활동 과정보다 개념설명 과정에서 더 많이 활용된다는 점 역시 2009 개정 교육과정과 같았다. 두 형태의 교과서 모두 개념설명 영역에서의 표상 개수가 더 많았으며, 디지털교과서에서 늘어난 표상의 개수도 개념설명 영역이 더 많았다(표 4-4 참고).

[표 4-4] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 분포 비교 분석 결과 (단위: 개)

기 준	전체			개념설명			탐구활동		
	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)
개 수	204	292	+88 (+43.1%)	120	180	+60 (+50.0%)	84	112	+28 (+33.3%)

다음으로 표현 형태에 따른 외적 표상의 종류는 역시, 2009 개정 교육과정과 비슷했는데, 언어적 표상은 가장 많이 발견되었을 뿐 아니라, 디지털교과서에서의 증감률도 38.7%(70개)로 가장 많았다. 개념설명 영역에 속하는 언어적 표상의 개수는 디지털교과서에서가 서책형교과서에서보다 46개(41.8%) 증가하였고, 탐구활동 영역에서는 24개(33.8%) 증가하였다. 2009 개정 교육과정에서와 같이 언어적 표상들은 과학 용어에 대한 추가적인 설명, 개념에 대한 심화·보충 내용이 주를 이루었다. 언어적 표상 다음으로 많이 발견된 표상은 시각적 표상이다(서책형 179개, 디지털 199개). 시각적 표상의 종류를 살펴보면, [표 4-6]에 제시된 바와 같이 사진(78개)과 그림(69개)이 전체 시각적 표상 179개 중 대부분을 차지했다. 특히 사진과 그래프

와 식의 경우 탐구활동 영역에 속하는 외적 표상만 증가하고, 개념설명 영역에서는 외적 표상의 변화가 없었다. 탐구활동 영역에서는 [그림 4-5]와 같이 서책형교과서에서는 제시되지 않는 탐구 결과를 그래프, 표와 같은 시각적 표상을 통해 새롭게 제시하였음을 알 수 있다.

[표 4-5] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 종류 분석 결과 (단위: 개)

종류	전체			개념설명			탐구활동			
	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	
표현 형태	언어적 표상	181	251	+70 (+38.7%)	110	156	+46 (+41.8%)	71	95	+24 (+33.8%)
	시각적 표상	179	199	+20 (+11.2%)	119	124	+5 (+4.2%)	60	75	15 (+25.0%)
	청각적 표상	0	18	+18 (-)	0	14	+14 (-)	0	4	+4 (-)
	혼합형 표상	0	26	+26 (-)	0	19	+19 (-)	0	7	+7 (-)
추상성	거시적 표상	202	290	+88 (+43.6%)	121	180	+59 (+48.8%)	81	110	+29 (+35.8%)
	미시적 표상	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)
	상징적 표상	11	18	+7 (+63.6%)	7	8	+1 (+14.3%)	4	10	+6 (+150.0%)

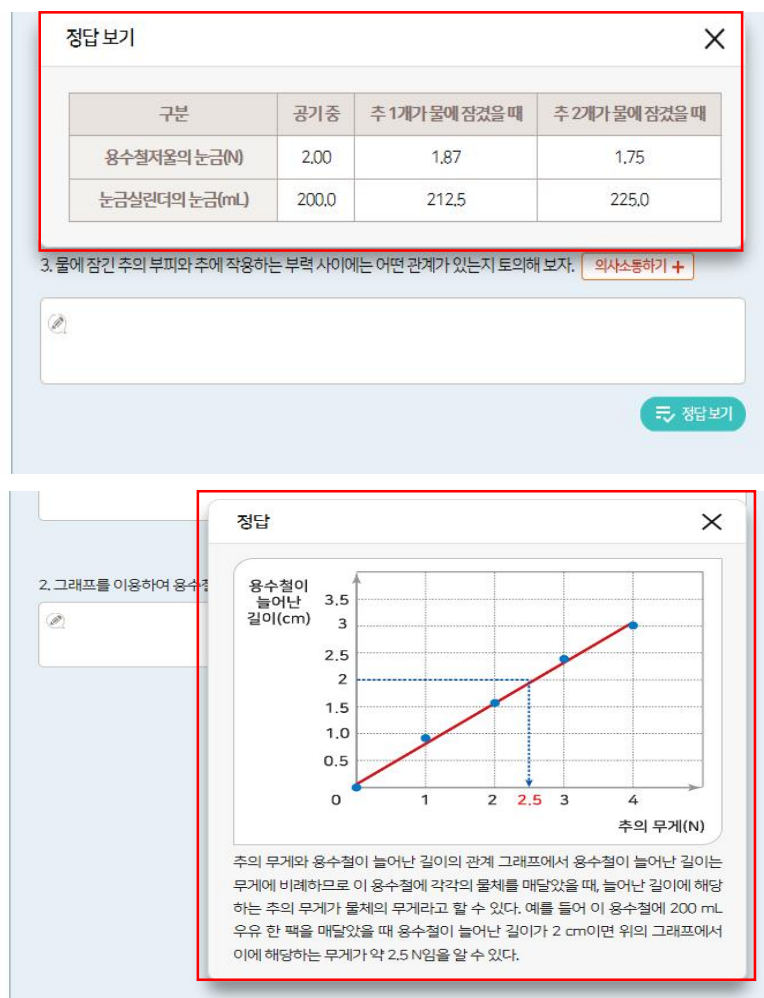
[표 4-6] 2015 개정 교육과정의 시각적 표상의 종류와 개수 분석 결과
(단위: 개)

시각적 표상	전체			개념설명			탐구활동		
	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)	서 책 형	디 지 털	증감개수 (증감률)
사진	78	81	+3 (+3.8%)	43	43	0 (0.0)	35	38	+3 (+8.6%)
그림	69	79	+10 (+14.5%)	61	65	+4 (+6.6%)	8	14	+6 (+75.0%)
그래프	8	9	+1 (+12.5%)	5	5	0 (0.0)	3	4	+1 (+33.3%)
표	21	25	+4 (+19.0%)	8	9	+1 (+12.5%)	13	16	+3 (+23.1%)
식	3	5	+2 (+66.7%)	2	2	0 (0.0)	1	3	+2 (+200.0%)
소계	179	199	+20 (+11.2%)	119	124	+5 (+4.2%)	60	75	+15 (+25.0%)

디지털교과서에서만 제시될 수 있는 표상으로서, 청각적 표상인 소리의 경우에는 디지털교과서 전체에서 18개 발견되었다. 영역별 사례를 살펴보면, 개념설명 영역에서 제시된 소리는 [그림 4-6]과 같이 모두 만화처럼 나타난 캐릭터의 말 주머니 내용을 그대로 읽어주는 형태로서, 과학개념을 설명하기보다는 실생활과 연계하여 흥미를 유도하기 위해 질문을 제시하는 것이었고, 탐구활동 영역에서 제시된 소리는 모두 탐구 준비나 과정 단계에서 유의점 등을 설명하는 것이었다. 혼합형 표상들은 모두 언어와 시각과 청각이 혼합된 동영상 자료였으며, 디지털교과서 전체에서 26개 증가하였다. 예를 들어, 개념설명 영역에서는 소단원에서 배울 내용을 전반적으로 설명하는 동영상이 19개 중 5개를 차지하였고, 나머지 14개는 그림의 형태로 제시되었던 설명과 동일한 내용을 동영상이나 연속적인 화면으로 전환하여 보여주는 형식으로서 2009 개정 교육과정에서도 발견된 사례이다. 한편, 탐구활동 영역에서 제시된 동영상은 2009 개정 교육과정에서의 [그림

4-4] 사례와 마찬가지로 7개 전부 탐구 준비, 과정, 결과를 모두 설명해주는 것이었다.

한편, 추상성 정도에 따른 외적 표상의 종류에서는 거시적 표상이 개수도 가장 많았고, 디지털교과에서의 증감률(43.6%, 88개)도 가장 많았다(표 4-5 참고). 미시적 표상은 없었고, 식이나 그래프와 같은 상징적 표상은 서책형 교과서의 11개보다 7개 증가하였다. 특히 상징적 표상들은 [그림 4-5]와 같이 탐구활동 영역에서 집중적으로 발견되었다.



[그림 4-5] 시각적 표상의 사례(2)
(주)천재교과서 2015 개정 디지털교과서 p76, p88)



[그림 4-6] 청각적 표상의 사례
(주)천재교과서 2015 개정 디지털교과서 p66)

3) 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 특징 변화 비교

교육과정별로 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 특징 변화를 분석한 결과는 [표 4-7]과 같다. 외적 표상의 개수와 종류 변화를 구체적으로 살펴보면, 두 교육과정 모두 서책형교과서보다 디지털교과서에서의 외적 표상이 더 많았으나, 증가한 정도를 비교해볼 때 2009 개정 교육과정에서는 106개(82.8%) 많았던 반면, 2015 개정 교육과정에서는 88개(43.1%)가 증가하였다.

둘째, 표상 종류 측면에서 언어적 표상 증가가 절대적으로 많았던 2009 개정 교육과정의 디지털교과서에 비해, 2015 개정 교육과정의 디지털교과서에서는 좀 더 다양한 표상이 증가한 모습을 보였다. 특히 2009 개정 디지털교과서에서는 청각적 표상이 활용되지 않았으나 2015 개정 디지털교과서에서는 청각적 표상이 활용되었고 이 외에도 언어, 시각, 청각, 혼합형 표상 등 모든 종류의 표상이 활용되었다. 특히 2015 개정 교육과정에 의하면, 여러 가지 힘 단원의 평가에서는 힘의 개념을 다양한 형태로 표현하도록 하고 있다. 이러한 맥락에서 디지털교과서에 한 가지 표상의 양만 늘어나는 것보다는 다양한 표상이 함께 증가하는 것이 고무적이라고 볼 수 있겠다.

셋째, 추상성의 정도에 따른 구분에서는 교육과정의 변화에 따라 거시적 표상의 증감률이 줄고 상징적 표상의 증감률이 늘었다. 두 교육과정에서 공통적으로 힘과 관련하여 거시적 표상을 가장 많이 활용하였지만, 2015 개정 교육과정에서는 좀 더 다양한 표상이 활용되었다. 특히 표와 그래프와 같은 상징적 기능의 표상은 2015 개정 교육과정의 탐구활동에서 많이 증가했다 (2009 개정 교육과정 0개 증가, 2015 개정 교육과정 6개 증가). 이러한 차이는 두 교육과정의 성취기준과 활동에서 2015 개정 교육과정에서 식과 그래프가 많이 늘었고, 동시에 새롭게 추가된 동영상에도 식과 그래프가 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 2015 개정 과학과 교육과정에서는 무게가 중력의 크기임을 알거나, 마찰력의 크기 비교, 부력의 크기 측정과 같이 정량적인 활동이 많아지기 때문인 것으로 판단된다.

[표 4-7] 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의
개수와 종류 비교 (단위: 개)

기 준		전 체		개 념 설 명		탐 구 활 동	
		2009 증감 개수 (증감률)	2015 증감 개수 (증감률)	2009 증감 개수 (증감률)	2015 증감 개수 (증감률)	2009 증감 개수 (증감률)	2015 증감 개수 (증감률)
개 수		+106 (+82.8%)	+88 (+43.1%)	+84 (+88.4%)	+60 (+50.0%)	+22 (+66.7%)	+28 (+33.3%)
표 현 형 태	언 어 적	+100 (+90.1%)	+70 (+38.7%)	+78 (+88.6%)	+46 (+41.8%)	+22 (95.7%)	+24 (+33.8%)
	시 각 적	+10 (+8.6%)	+20 (+11.2%)	+8 (+9.6%)	+5 (+4.2%)	+2 (+6.1%)	+15 (+25.0%)
	청 각 적	0 (-)	+18 (-)	0 (-)	+14 (-)	0 (-)	+4 (-)
	혼 합 형	+14 (-)	+26 (-)	+8 (-)	+19 (-)	+6 (-)	+7 (-)
추 상 성	거 시 적	+106 (+84.1%)	+88 (+43.6%)	+84 (+88.4%)	+59 (+48.8%)	+22 (71.0%)	+29 (+35.8%)
	미 시 적	0 (0.0)	0 (-)	0 (0.0)	0 (-)	0 (0.0)	0 (-)
	상 징 적	0 (0.0)	+7 (+63.6%)	0 (0.0)	+1 (+14.3%)	0 (0.0)	+6 (+150.0%)

4.1.2. 외적 표상의 기능

1) 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징

서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 기능에 대한 분석 결과는 [표 4-8]과 같다. 디지털교과서에서 외적 표상의 개수가 증가한 만큼, 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 기능별 사례 수가 모두 증가하였음을 알 수 있다. 전반적으로 서책형교과서와 디지털교과서에서 가장 많이 활용된 표상의 기능은 교과서에 기술된 내용을 좀 더 잘 이해하도록 나타내는 설명적 기능(서책형 75개, 디지털 116개)이다. 이어서 본문에 제시된 현상이나 사물을 구체적으로 보여주는 예시적 기능(서책형 68개, 디지털 92개)이 뒤를 이었다. 이러한 결과는 과학 교과서에서의 표상들이 학습 개념이나 활동 내용에 대한 설명이나 예시적인 역할을 주로 한다는 것을 의미한다.

[표 4-8] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된
외적 표상의 기능 분석 결과 (단위: 개)

기능	전체			개념설명			탐구활동		
	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)
설명적	75	116	+41 (+54.7%)	61	99	+38 (+62.3%)	14	17	+3 (+21.4%)
예시적	68	92	+24 (+35.3%)	47	63	+16 (+34.0%)	21	29	+8 (+38.1%)
보충적	23	90	+67 (+291.3%)	10	69	+59 (+590.0%)	13	21	+8 (+61.5%)
요약적	15	33	+18 (+120.0%)	15	23	+8 (+53.3%)	0	10	+10 (-)
수행적	24	43	+19 (+79.2%)	15	28	+13 (+86.7%)	9	15	+6 (+66.7%)

주목할 만 한 점은, 서책형교과서에서 디지털교과서로 전환하는 과정에서 보충적 기능을 하는 표상이 늘어난 개수가 67개(291.3%)로 가장 많이 증가했다는 점이다(서책형 23개, 디지털 90개). 구체적인 사례를 보면, 개념설명 영역에서의 보충적 기능은 [그림 4-7]에서 제시된 바와 같이 핵심 과학 개념에 대한 보충 설명이나 관련 과학용어 및 현상에 대한 심화 내용을 소개하는 사례가 대부분이었다. 이는 앞서 살펴본 외적 표상의 종류 중 가장 많이 증가한 언어적 표상이 대부분 보충적 기능인 용어 설명이나 심화·보충 내용이었다는 부분과도 일맥상통하는 결과이다(그림 4-1 참고).



[그림 4-7] 개념설명 영역에서의 보충적 기능 사례
(㈜천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p99)

정리하기

1 측정된 결과를 표에 기록한다. 단, 질량이 20 g인 추의 무게는 약 0.2 N이다. [정답]

추의 수(개)	1	2	3	4
추의 무게(N)	1	2	3	4
늘어난 길이(cm)				

2 가로축은 추의 무게, 세로축은 용수철의 늘어난 길이로 하여 결과를 그래프로 그려 보자. [정답] [그래프]

3 용수철에 매단 추의 무게와 용수철의 늘어난 길이는 어떤 관계가 있는가? [쓰기]

4 용수철을 손으로 잡아당겨 10 cm 늘이는 데 필요한 힘은 몇 N인가? [쓰기]

표에 값을 입력한 후 그래프 버튼을 눌러 보세요.

[그림 4-8] 탐구활동 영역에서 수행적 기능 사례(1)
(㈜천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p100)

이 외에도 디지털교과서에서는 예시적, 설명적, 요약적, 수행적 기능의 표상이 고루 증가하였다. 이들은 [그림 4-8]과 같이 학생에게 직접 실험 결과를 기입하게 하거나(수행적 기능), [그림 4-3]과 같이 본문을 자세하게 설명하는 기능(설명적 기능)을 의미한다. 요컨대, 현재 개발되는 디지털교과서는 서책형교과서와 동일한 쪽수로 구성되지만, 디지털교과서에 제시되는 표상들의 증가와 함께, 내용을 보충하거나, 자세히 설명하고 예를 드는 등 많은 기능들이 추가되었다는 것을 알 수 있다.

2) 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징

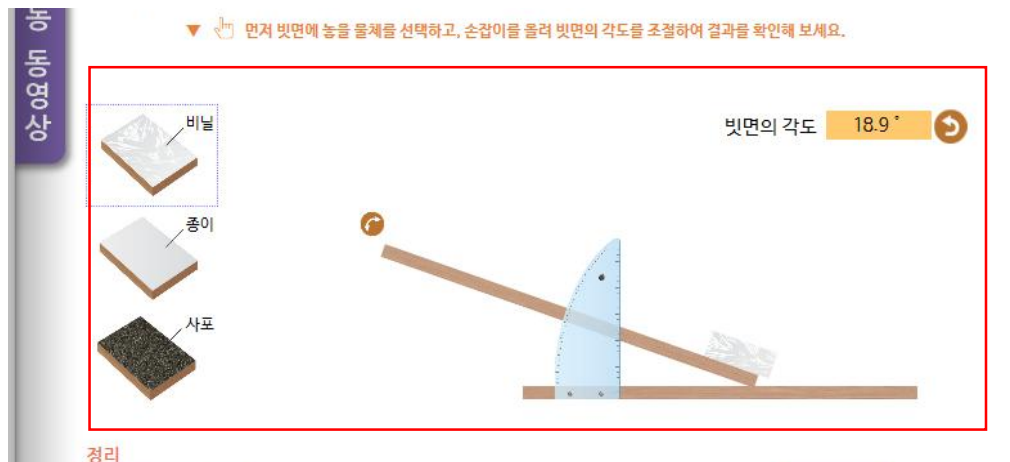
외적 표상의 기능에 대한 분석 결과, [표 4-9]에 제시된 바와 같이 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 기능별 사례 수가 모두 증가하였음을 알 수 있다. 가장 많이 활용된 표상의 기능은 설명적 기능(서책형 80개, 디지털 111개)과 예시적 기능(서책형 100개, 디지털 111개)이다. 이는 2009 개정 교육과정과 동일한 결과로서, 과학 교과서에서의 표상이 대부분 개념이나 내용에 대한 설명이나 예시로 활용되는 경우가 많음을 의미한다. 이에 비해, 요약적 기능과 수행적 기능은 개수가 상대적으로 적었다.

2009 개정 교육과정의 교과서 분석 결과와 마찬가지로 디지털교과서에서 많이 증가한 외적 표상의 기능은 보충적 기능이다(서책형 36개, 디지털 102개). 그 중 개념설명 영역에 속하는 보충적 기능의 표상 개수는 디지털교과서에서가 서책형교과서에서보다 45개 증가하였다. 예를 들어, 그림 5에서 제시된 바와 같이 핵심 과학 개념에 대한 보충 설명이나 관련 과학용어 및 현상에 대한 심화 내용을 소개하는 사례가 대부분이었다. 반면에 탐구활동 영역에서 디지털교과서에 추가로 21개의 보충적 기능 표상들이 증가하였으며, 탐구방법에서 제시된 어려운 용어를 추가적으로 설명하는 경우를 들 수 있겠다.

[표 4-9] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된
외적 표상의 기능 분석 결과 (단위: 개)

기능	전체			개념설명			탐구활동		
	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)
설명적	80	111	+31 (+38.8%)	55	75	+20 (+36.4%)	25	36	+11 (+44.0%)
예시적	100	111	+11 (+11.0%)	41	43	+2 (+4.9%)	59	68	+9 (+15.3%)
보충적	36	102	+66 (+183.3%)	13	58	+45 (+346.2%)	23	44	+21 (+91.3%)
요약적	22	54	+32 (+145.5%)	20	38	+18 (+90.0%)	2	16	+14 (+700.0%)
수행적	60	81	+21 (+35.0%)	40	48	+8 (+20.0%)	20	33	+13 (+65.0%)

모두 보충적 기능의 표상에 이어서, 요약적 기능의 표상이 많이 늘었다 (디지털 54개, 서책형 22개). 이 중, 개념설명 영역에 속하는 요약적 기능들은 단원이나 차시별로 학습한 내용을 갈무리하는 표상들이었으며, 탐구활동 영역에서는 탐구 결과를 제시해주는 동영상이나 추가되고, 탐구 내용을 정리하고 답을 제시해주는 시각적 표상의 증가로 인해 요약적 기능의 외적 표상이 증가하였다. 이 외에도 설명적 기능과 수행적 기능의 표상들도 골고루 증가하였다. 특히 2015 개정 교육과정에서는 실험 결과를 기입하는 것 외에도, 탐구 과정에 대한 변인을 가상으로 통제하는 것과 같이 시뮬레이션 실험 형태의 수행이 등장하면서, [그림 4-9]와 같이 빗면에 놓을 물체와 빗면의 기울기를 직접 조작하게 하는 등 2009 개정 교육과정에 비해 디지털 환경에서의 탐구활동에 대한 수행 방식이 좀 더 다양해졌다.



[그림 4-9] 탐구활동 영역에서 수행적 기능 사례(2)
(주)와이비엠 2015 개정 디지털교과서 p77)

3) 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 특징 변화 비교

외적 표상의 기능과 관련한 2015 개정 교과서에서의 전반적인 표상의 개수가 모두 줄었기 때문에 기능의 증감률도 모든 영역에서 고루 줄었다(표 4-10 참고). 다시 말해, 2009 개정 교육과정에서는 설명적 기능을 하는 표상의 증감률이 54.7%이었는데, 2015 개정 교육과정에서는 38.8%이었다. 특히 2009 개정 교육과정에서는 보충적 기능을 하는 표상의 증가가 가장 많았던 반면, 2015 개정 교육과정에서는 보충적 기능이 조금 덜 증가하고, 요약적 기능을 하는 표상이 많이 늘어나는 모습을 보였다. 특히 수행적 기능과 관련하여 2015 개정 교육과정에서는 실험 결과나 답을 쓰는 것을 넘어서서, 시뮬레이션 실험 등을 통해 직접 변인을 통제하여 가상 활동을 수행해보는 표상이 등장하기도 했다.

[표 4-10] 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의
기능 비교 (단위: 개)

기능	전체		개념설명		탐구활동	
	2009 증감개수 (증감률)	2015 증감개수 (증감률)	2009 증감개수 (증감률)	2015 증감개수 (증감률)	2009 증감개수 (증감률)	2015 증감개수 (증감률)
설명적	+41 (+54.7%)	+31 (+38.8%)	+38 (+62.3%)	+20 (+36.4%)	+3 (+21.4%)	+11 (+44.0%)
예시적	+24 (+35.3%)	+11 (+11.0%)	+16 (+34.0%)	+2 (+4.9%)	+8 (+38.1%)	+9 (+15.3%)
보충적	+67 (+291.3%)	+66 (+183.3%)	+59 (+590.0%)	+45 (+346.2%)	+8 (+61.5%)	+21 (+91.3%)
요약적	+18 (+120.0%)	+32 (+145.5%)	+8 (+53.3%)	+18 (+90.0%)	+10 (-)	+14 (+700.0%)
수행적	+19 (+79.2%)	+21 (+35.0%)	+13 (+86.7%)	+8 (+20.0%)	+6 (+66.7%)	+13 (+65.0%)

4.1.3. 외적 표상의 제시방법

1) 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징

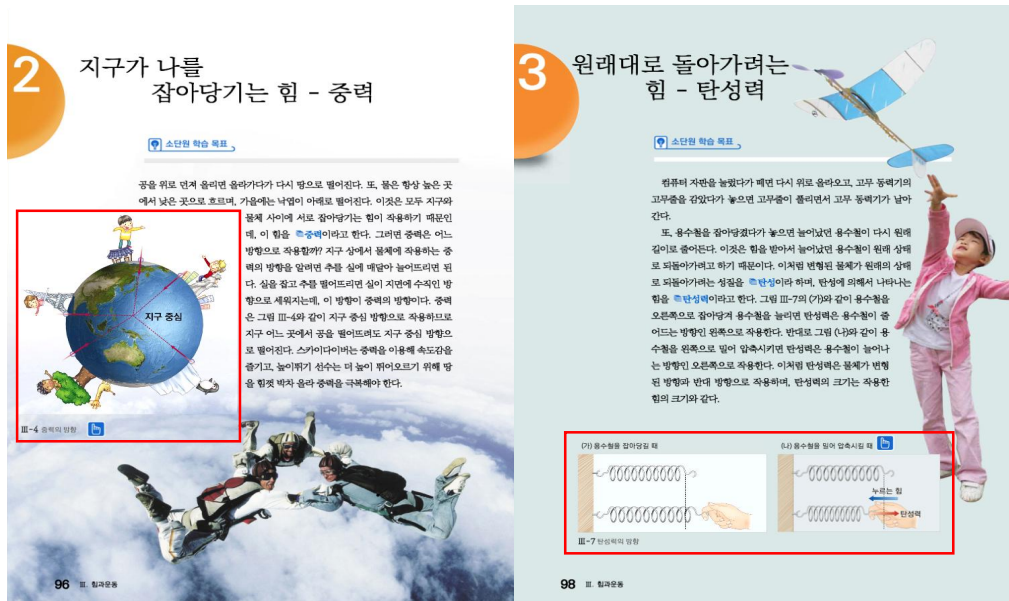
외적 표상의 제시방법과 관련하여 표상의 제시 형태, 공간 활용 형태에 따라 분석한 결과는 [표 4-11]과 같다.

[표 4-11] 2009 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된
외적 표상의 제시방법 분석 결과 (단위: 개)

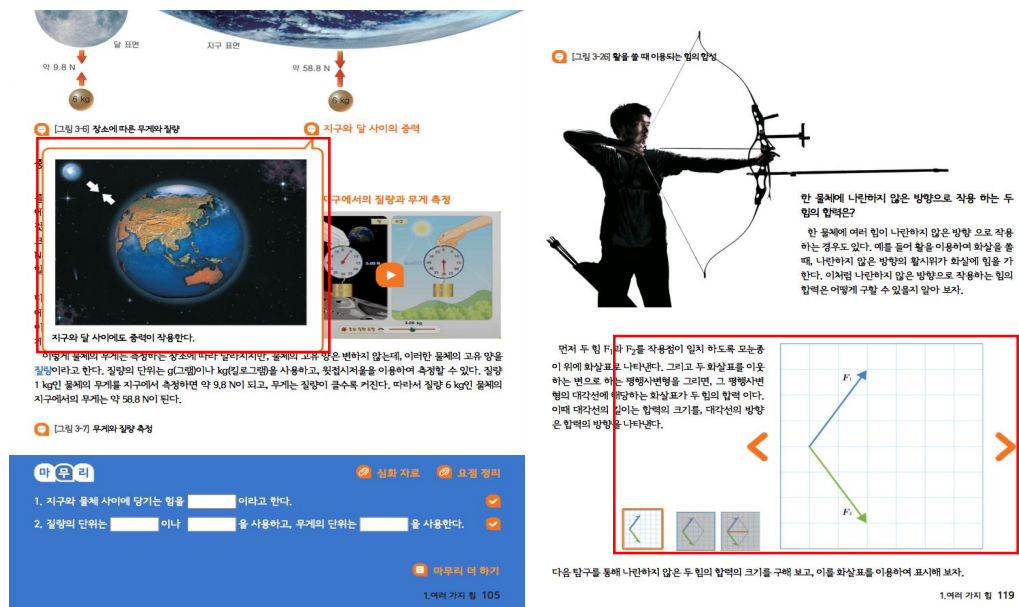
제시방법		전체			개념설명			탐구활동		
		서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)
제시형태	정화상	128	213	+85 (+66.4%)	95	164	+69 (+72.6%)	33	49	+16 (+48.5%)
	동화상	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)
	정화상 & 동화상	0	20	+20 (-)	0	14	+14 (-)	0	6	+6 (-)
공간활용형태	삽입	18	23	+5 (+27.8%)	2	5	+3 (+150%)	16	18	+2 (+12.5%)
	근처	35	38	+3 (+8.6%)	30	31	+1 (+3.3%)	5	7	+2 (+40%)
	삽입 & 근처	29	40	+11 (+37.9%)	29	35	+6 (+20.7%)	0	5	+5 (-)
	다른 페이지	0	1	+1 (-)	0	0	0 (-)	0	1	+1 (-)
	클릭-팝업	0	145	+145 (-)	0	106	+106 (-)	0	39	+39 (-)
	클릭-전환	0	39	+39 (-)	0	32	+32 (-)	0	7	+7 (-)

표상의 제시 형태와 관련하여, 정화상으로 제시한 경우가 가장 많았다(서책형 128개, 디지털 213개). 정화상의 대부분은 언어적 표상이거나 시각적 표상의 사진이나 그림에 해당한다. 또한 디지털교과서에서는 정화상과 동화상이 함께 제시되는 경우가 새롭게 20개 추가되었다. 예를 들어 [그림 4-10]에서는 서책형교과서에서는 중력의 방향을 설명하는 그림이었던 것을, 디지털교과서에서는 공이 떨어지는 과정을 움직이는 영상으로 제시하고 있다. 또한 서책형교과서에서는 탄성력의 방향을 설명하는 그림이었던 것을, 디지털교과서에서는 용수철의 변화를 움직이는 영상으로 제시한 경우들을 들 수 있다. 이에 비해, 움직이는 표상인 동화상만 제시된 경우는 한 건도 없었다. 즉, 디지털교과서에서 제시되는 동영상들은 동화상만으로 제시되는 경우는 없으며, 정지 형태의 사진이나 그림 자료와 함께 제시되고 있음을 알 수 있다.

공간 활용 형태와 관련하여, 디지털교과서에서 가장 큰 변화는 클릭을 이용한 표상 제시방법이다. 가령, 화면에는 없던 표상이 클릭을 했을 때 새로운 창으로 나타나는 효과(클릭-팝업)나, 클릭하였을 때 화면이 전환되거나 애니메이션 효과가 추가되는 효과(클릭-전환)들이다(그림 4-11 참고). 이처럼 클릭을 통한 공간 활용 방법은 디지털교과서에서 공간적 한계를 넘어서 풍부한 자료를 제공하기 위한 방법으로 볼 수 있겠다. 그 외의 공간 활용 형태로서, 여러 표상들(주로 시각적 표상과 언어적 표상) 간의 공간적 근접성의 경우 디지털교과서와 서책형교과서 간의 큰 차이는 없었다. 이는 디지털교과서에서는 서책형교과서에서 취한 방식을 그대로 따르는 경우가 많기 때문이다.



[그림 4-10] 정화상 및 동화상 사례(1)
(주)천재교과서 2009 개정 디지털교과서 p96, p98)



[그림 4-11] 클릭-팝업(좌)과 클릭-전환(우)의 사례
(동아출판) 2009 개정 디지털교과서 p105, p119)

2) 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된
외적 표상의 특징

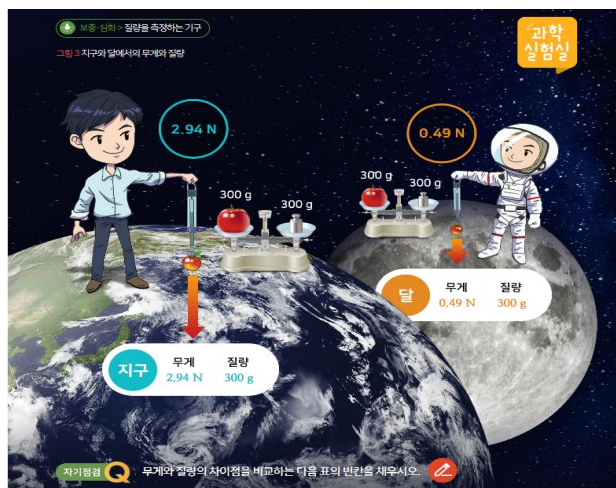
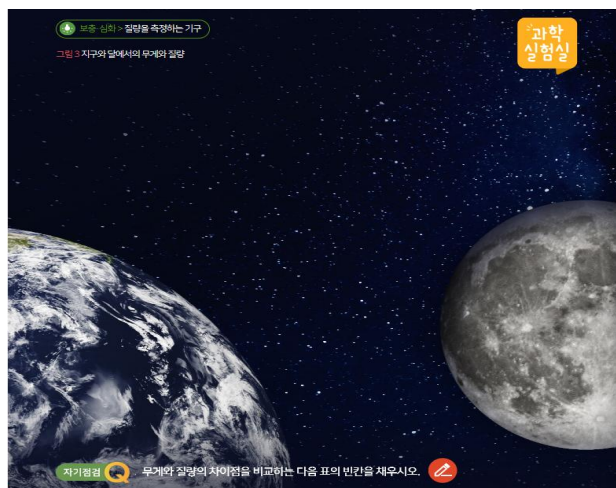
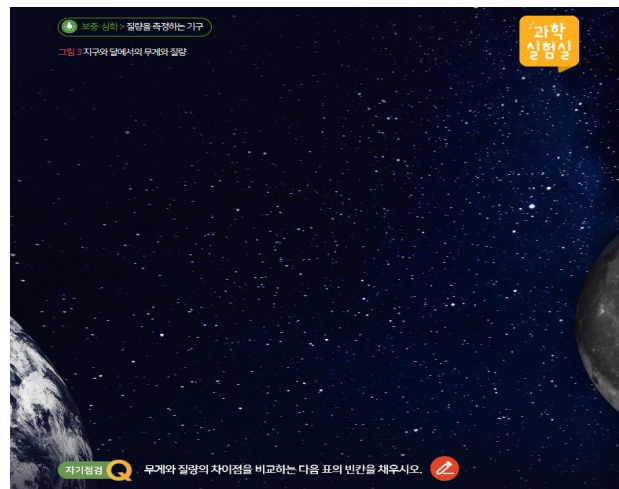
외적 표상의 제시방법과 관련하여 표상의 제시 형태, 공간 활용 형태에
따라 분석한 결과는 [표 4-12]와 같다.

[표 4-12] 2015 개정 교육과정의 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된
외적 표상의 제시방법 분석 결과 (단위: 개)

제시방법		전체			개념 설명			탐구활동		
		서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)	서책형	디지털	증감개수 (증감률)
제시형태	정화상	199	244	+45 (+22.6%)	119	142	+23 (+19.3%)	80	102	+22 (+27.5%)
	동화상	0	2	+2 (-)	0	2	+2 (-)	0	0	0 (-)
	정화상 & 동화상	0	46	+46 (-)	0	36	+36 (-)	0	10	10 (-)
공간 활용 용 형태	삽입	35	28	-7 (-20.0%)	15	9	-6 (-40.0%)	20	19	-1 (-5.0%)
	근처	42	46	+4 (+9.5%)	22	25	+3 (+13.6%)	20	21	+1 (+5.0%)
	삽입 & 근처	41	80	+39 (+95.1%)	36	61	+25 (+69.4%)	5	19	+14 (+280.0%)
	다른 페이지	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)	0	0	0 (-)
	클릭-팝업	0	149	+149 (-)	0	92	+92 (-)	0	57	+57 (-)
	클릭-전환	0	119	+119 (-)	0	85	+85 (-)	0	34	+34 (-)

표상의 제시 형태에 있어서, 정화상은 디지털교과서가 서책형교과서에 비해 45개(22.6%) 증가하였으며, 디지털교과서에서는 정화상과 동화상이 함께 제시되는 경우가 새롭게 46개 추가되었다(개념설명 영역 36개, 탐구활동 영역 10개). 개념설명 영역에서 정화상과 동화상이 함께 제시되는 경우를 살펴보면, [그림 4-12]와 같이 그림의 형태인 시각적 표상에 우주에 지구, 달과 같은 행성이 움직이면서 화면에 등장하는 경우이다. 탐구활동 영역에 속하는 앞서 살펴본 [그림 4-11]과 같이, 정화상과 동화상이 함께 제시되는 경우로서 빗면의 기울기를 직접 조작하여 움직여볼 수 있는 형태나, 탐구 과정에서 유의점 등을 설명해주는 캐릭터가 제시된 경우가 있었다.

끝으로 공간 활용 형태와 관련하여, 클릭-팝업과 클릭-전환의 표상 개수는 각각 149개, 119개로서, 클릭-팝업 형태의 공간 활용이 더 많았다. 여러 표상들 간의 공간적 근접성의 경우에도 디지털교과서와 서책형교과서간의 큰 차이는 없었다. 비록 시각적 표상 안에 언어적 표상이 들어 있는 삽입 형태가 디지털교과서에서 7개 감소하였으나, 해당 시각적 표상이 동영상과 같은 적극적인 형태로 변경된 것이기 때문에 공간적 근접성이 떨어지게 되었다고 보기 어렵다. 이 외에 [표 4-12]에 제시된 것처럼 이 대부분의 경우는 디지털교과서에서 새롭게 추가된 외적 표상들이 삽입이나 근처 한 가지 형태로만 제시된 것이 아니라 삽입 & 근처와 같이 공간적 근접성이 높은 형태로 제시되었음을 알 수 있다.



[그림 4-12] 정화상 및 동화상 사례(2)
(주)천재교과서 2015 개정 디지털교과서 p70)

3) 교육과정별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의 특징 변화 비교

외적 표상의 제시방법과 관련하여 2009 개정 교육과정에서는 정화상의 증감률이 66.4%로 많았던 반면, 2015 개정 교육과정에서는 정화상의 증감률이 22.6%로 덜 증가하였다(표 4-13 참고). 대신, 2015 개정 디지털교과서에서는 서책형교과서에는 제시할 수 없는 다양한 동화상을 제공한 것으로 보고되었다. 특히 정화상과 동화상을 함께 제시하는 표상의 경우는 개념설명 맥락에서 더 적극적으로 증가하였다. 또한 디지털교과서에서 많은 수의 표상이 클릭-팝업, 클릭-전환의 방식으로 공간을 활용하고 있었으며, 특히 클릭-전환 방식의 공간 활용 방식이 2015 개정 교육과정에서 대폭 증가하는 모습을 보였다. 클릭을 통한 표상의 제시방법은 서책형교과서에서의 공간적 한계를 극복하고 디지털교과서에서 공간적 확장하여 풍부한 정보를 제공하게 하는 방식이라고 볼 수 있다. 하지만 클릭을 하면서 화면이 변하고 내용이 많아지는 방식이 얼마나 학생들의 학습 자료의 효율적인 활용과 의미 있는 상호작용 촉진으로 연결되는지는 추후 연구를 통해 살펴볼 필요가 있겠다.

[표 4-13] 교육과정 별 서책형교과서에서 디지털교과서로의 외적 표상의
제시방법 비교 (단위: 개)

제시방법		전체		개념설명		탐구활동	
		2009 증감개수 (증감률)	2015 증감개수 (증감률)	2009 증감개수 (증감률)	2015 증감개수 (증감률)	2009 증감개수 (증감률)	2015 증감개수 (증감률)
제시 형태	정 화 상	+85 (+66.4%)	+45 (+22.6%)	+69 (+72.6%)	+23 (+19.3%)	+16 (+48.5%)	+22 (+27.5%)
	동 화 상	0 (-)	+2 (-)	0 (-)	+2 (-)	0 (-)	0 (-)
	정 화 상 & 동 화 상	+20 (-)	+46 (-)	+14 (-)	+36 (-)	+6 (-)	+10 (-)
공 간 활 용 형 태	삽 입	+5 (+27.8%)	-7 (-20.0%)	+3 (+150%)	-6 (-40.0%)	+2 (+12.5%)	-1 (-5.0%)
	근 처	+3 (+8.6%)	+4 (+9.5%)	+1 (+3.3%)	+3 (+13.6%)	+2 (+40%)	+1 (+5.0%)
	삽 입 & 근 처	+11 (+37.9%)	+39 (+95.1%)	+6 (+20.7%)	+25 (+69.4%)	+5 (-)	+14 (+280.0%)
	다 른 페 이 지	+1 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	+1 (-)	0 (-)
	클릭 -팝업	+145 (-)	+149 (-)	+106 (-)	+92 (-)	+39 (-)	+57 (-)
	클릭 -전 환	+39 (-)	+119 (-)	+32 (-)	+85 (-)	+7 (-)	+34 (-)

4.2 디지털교과서의 외적 표상에 대한 교사의 활용

4.2.1. 교사들의 인식

(1) 외적 표상의 종류

먼저 전체적인 외적 표상에 대해서는 2009 개정 교육과정의 디지털교과서를 활용했던 교사 A와 B는 서책형교과서와 디지털교과서가 달라졌다는 사실을 인지하지 못하였다. 반면 2015 개정 교육과정의 디지털교과서를 활용한 교사 C는 외적 표상의 화려해진 효과를 이야기하며 긍정적으로 응답하였다.

A : 서책형이랑 다를 바가 없어요.

B : 특별히 늘은 것은 없어요. 크게 변했다고 생각하지 않았거든요.

C : 화려해지니까. 텍스트 외에 이제 영상이라던가 플래시라든가 화면 넘김 이런 게 화려해지니까.

첫 번째로, 서책형교과서보다 디지털교과서에서 가장 많이 증가하였던 언어적 표상에 대해서 교사들은 다소 부정적인 응답을 하였다. 핵심 과학 용어, 개념에 대한 설명, 보충 설명, 심화 자료 등의 언어적 표상은 학생과 매체 상호작용에 도움을 주지 않는다고 생각하였다. 또한 실제 수업에서 활용해 본 적이 한 번도 없는 표상이라고 응답하였으며, 언어적 표상보다 시각적 표상이 더 많이 제시되어야 한다고 생각하였다.

A : 제가 봤을 때는 큰 차이점을 못 느꼈어요. 용어설명은 제가 하니까 수업 시간 중에는 별로 쓸모가 없는 거 같아요.

B : 한 번도 해본 적이 없어요. 왜냐하면 그 내용을 다 알고 있으니까

C : 애들이 교과서를 읽기 싫어하는 이유가 너무 텍스트가 많고, 아이들 차원에서 그렇다면 이걸 줄이는 게 방법이지 않겠는가 ... 애들이 도대체 이거 교과서랑 차이가 뭐냐고, 줄로 다 되어 있는데 ... 언어적 표상이 이걸로 많이 넘어와야 된다고 생각해요. 동영상 쪽으로.

두 번째로, 시각적 표상과 관련한 교사의 인식이다. 디지털교과서에 제시된 시각적 표상의 경우, 서책형교과서를 그대로 따르는 경우가 대부분이었다. 따라서 강의식 수업에서는 활용하는 교사가 많지 않았다. A교사는 시각적 표상과 관련하여 특별히 언급한 바가 없었는데, 이는 긍정적인 인식이 없었음을 의미한다. B교사와 C교사는 모두 서책형교과서와 디지털교과서에서의 시각적 표상이 큰 차이가 없다는 부정적인 인식을 가지고 있었다. 한편, C교사는 차이가 없을지라도 디지털교과서이기 때문에 학생들이 교과서를 보게 된다는 긍정적인 측면도 언급하였다.

- A : 당연히 언어적인 거 말고 시각적인 거 많이 늘어나야 할 거 같은데 ...
그리고 전에 배웠던 개념하고 연관되는 거잖아요? 클릭 같은걸 하면 그 때의 관련된 사진이라든지, 부연 설명? 리마인드 해줄 수 있으면, 그런 게 있으면 좋겠네요.
- B : 글썄요 모르겠는데, 뭐 이걸 교과서에 있는 거 그냥 예시로 봐도 되구요. 그림도 그냥 교과서에 있는 그림으로 전환이 되는거고 ... 자판이 아니라 손글씨로 썼으면 좋겠어요. 그림도 이렇게 하고
- C-1 : 그런 면에서는 좀 도움이 된 거 같아요. (서책형)교과서를 가지고 그림을 보라고 했다. 과연 볼까요? ... 영상이랑 이미지를 선명하게 애들이 바로바로 얻을 수 있어서 좋은 거 같긴 해요.
- C-2 : (시각적)현재 것은 큰 차이가 없으니 ... (표)이 자체에 입력을 못하게 해놓은 게 몇 가지 있더라구요. ... 개념에 대한 단어 뜻이 나올 때 텍스트로 나오는 게 아니라 이런 식(시각적, 혼합형)으로 나와 버린다면, 훨씬 더 경쟁력 있을 거 같아요.

한 참여자에게서 서로 상반되거나 다양한 의견이 제시된 경우의 면담 내용을 각각 다른 숫자로 표시한 것이다. 숫자 1은 긍정적인 의견, 2는 부정적인 의견으로 통일하여 표시하였다.

세 번째로, 서책형교과서에서는 제시되지 않았으나 디지털교과서에 새롭게 추가된 청각적 표상에 관한 교사의 인식이다. A, B, C교사 모두 부정적인 인식을 가지고 있었다. 말주머니를 그대로 읽어주는 청각적 표상이 왜 있어야 하는지 이해하지 못하며 쓸모없다는 응답을 하였다.

A : 쓸모없어 보이는데, 이상하다. 어차피 다 읽으면 되는 거잖아요. 굳이 이게 필요한가요? 제가 말하는 게 낫죠.

B : 글썄, 글썄인데요? 굳이 이렇게 말머리를 넣어야 하는건지.

C : 아무도 못 알아듣잖아요. 다같이 죽자는 거 같은 느낌이어가지고, 별로 접근을 안 하게 되더라구요. 그건 참 어려운거 같아요.

마지막으로, 동영상의 형태로 제시되는 혼합형 표상에 대한 교사의 인식이다. 혼합형 표상의 경우에는 A, B, C교사 모두 긍정적인 인식과 부정적인 인식을 동시에 나타내었다. 먼저 전체적인 인식을 살펴보면, A교사는 동영상이 수업 시간에는 쓸모가 없다며 대체로 부정적이었으나, 그래도 다른 표상보다는 동영상이 많아야 한다고 응답하였다. B교사는 동영상에 대해 교사가 특별히 준비를 하지 않아도 볼 수 있다는 장점이 있음과 동시에 교사가 보여주고 싶은 동영상은 삽입이 불가능하다는 단점을 이야기하였다. 한편 성취 수준이 낮은 학생들에게는 도움이 된다고 긍정적인 부분을 응답하기도 하였다. C교사는 정화상보다는 동화상이기에 도움이 많이 되며, 학생들이 재미있게 볼 수 있고, 한 번에 정리해주는 부분에 대해서 긍정적으로 응답하였다.

A-1 : 꼭 필요한 영상만 넣고 그렇게 해서 ... 다른 건 다 서책형에서 가능한 거잖아요. ... 동영상 많이 들어가는 게 좋은 거 같구요.

A-2 : 동영상 중에 쓸모없는 ... 스피커로 듣는 것보다 제 목소리를 듣는 게 아무래도 좀 더 맞다고 생각을 해서 ... 그리고 수업시간에는 긍정적인 영향을 안 미쳐요. 수업 중에는 별로 뭐 쓸모가 없었다고 생각해요. 플레이하면 쪽 지나가고 없잖아요. 끝나는 거잖아요.

B-1 : 동영상 들어가 있고, 아이들이 뭔가를 할 수 있는 자료들이 좀 들어가 있어서 그건 참 좋다고 생각을 했어요. 교사가 특별히 어떤 영상을 준비 안 해도 볼 수 있다 라는 것도 있고 ... 늦은 아이들한테는 훨씬 더 도움이 되지요. 영상을 보는 것이.

B-2 : 교사가 보여주고 싶은 영상을 삽입하는 건 어렵더라고요. ... 동시에 들어지면 힘드니까 다 이어폰을 끼게 했는데.

C : 정지되어 있는 그림보다는 이해에 도움이 많이 되는 거 같긴 해요. 동영상이라도 재밌게 넣어 놓으면 애들이 볼 거 아니에요. 정리할 때도 한 번에 짹 정갈하게 정리가 되니까 좋은 거 같아요.

디지털교과서에 추가된 혼합형 표상의 경우, 개념설명과 탐구활동 맥락에 따라서 교사의 인식이 다르게 나타났다. 개념설명 동영상은 C교사만 긍정적으로 인식하였다. C교사는 수업 도입 부분에서 개념설명 동영상에서 단어 찾고 빙고하기 게임을 하여 학생들의 흥미를 높였다. 이를 통해 기본적인 개념 형성과 생소한 단어를 친숙하게 하는 데에 도움이 된다고 응답하였다. 한편 A교사와 B교사는 이에 대해 언급하지 않았다.

C : 추상적인 개념이해인거 같구요. 시각적으로 보여주니까. 자연스럽게 개념 형성할 수 있고, 생소한 단어를 여러 번 들을 수 있잖아요. 단어들 친숙하게 할 때 영상을 쓸 수 있는 거 같고 ... 영상은 일단 개념 수업할 때 좋은 거 같아요.

탐구활동 동영상은 실제 하지 못하는 실험을 대신해서 볼 수 있다는 점과 실험 방법 및 주의사항에 대해서 제시해 준다는 점에서 A, B, C교사 모두 긍정적으로 인식하고 있었다. 특히 탐구 준비, 과정, 결과를 한 번에 제시하고 있는 혼합형 표상에 대해서 A교사는 실험의 오류를 발견하여 비교해야 하므로 좋은 표상이라고 생각하고 있었다. 한편, B교사와 C교사는 결과를 제시하는 부분에 대해서는 정보를 과하게 제공해 준다는 점에서 다소 부정적인 인식을 표현하기도 하였으나, 탐구활동 이후 정리용으로 적합하다고 응답하였다.

A : 실험수업을 할 때는 실험 영상을 한 번 보고 이제 뭐 주의해야 될지가 나오거든요. 그거를 원할 때 각자 플레이해볼 수 있는 게 컸던 거 같아요.

(결과제시) 실험이 잘못되었을 때는 이게 잘 못 된지를 알아야 되니까. 결과 나오는 게 좋은 거 같아요.

B-1 : 우리가 실험 못하니까 봐라. 그 정도 하고

B-2 : 약간 조금 아닌 것도 있었거든요. 실험 파트는 거의 안 보여줬어요.

증강현실 통해서 실험을 할 수 있게 해주는 것도 괜찮은거 같아요.

C-1 : 정리용으로는 참 괜찮은 거 같아요. 방법상에 있어서는 도움을 받을 수 있을 거 같아요. 실험 못할 때 동영상을 보면서 실험을 해주니까 그거 보고 결과는 찾아낼 수 있으니까.

C-2 : 새로운 영상을 보면서 탐구활동을 한다는 것은 뭐랄까 투머치한 정보를 주는 거 같아요. 너무 많은 과한 정보를 그냥 제공하는 거 같습니다.

(2) 외적 표상의 기능

디지털교과서에서는 개념에 대한 보충 설명, 용어 설명, 심화 내용과 같은 보충적 기능의 표상이 가장 많이 증가하였다. 교사들은 언어적 표상에 대한 인식과 동일하게 모두 부정적으로 응답하였다. 실제로 사용해보지 않았다고 응답하거나 응답조차 하지 않았다.

A : 용어설명에 제가 하니까 수업시간 중에는 별로 쓸모가 없는 거 같아요.

심화보충에 대해서 언급을 하면 애들 되게 재미없어 하잖아요.

수업을 위한 게 아니고 그냥 애들 자기주도를 위한 거 같아요.

B : 한 번도 해본 적이 없어요.

다음으로, 탐구활동 맥락에서 디지털교과서에 새롭게 추가된 실험결과를 기입하거나 변인을 직접 조작해보는 수행적 기능의 표상에 대해서는 학생들에게 무엇인가를 직접 해보게 한다는 점에서 긍정적으로 인식하였으나, 현재 제시된 표상은 다소 간단하고 쉬운 형태여서, 조금 더 복잡한 형태의 표상으로 많이 제시가 되었으면 좋겠다고 응답하였다.

B : 아이들이 뭔가를 할 수 있는 자료들이 좀 들어가 있어서 그건 참 좋다고 생각을 했어요. 실제 도구가 있는 것처럼 조작이 되었으면 좋겠다는 생각을 했었어요. 직접 실험하지 않더라도 이런 간접적인 방법으로 할 수 있게, 학생들이 작업을 많이 할 수 있는 게 많이 들어가야 돼요.

C : 직접 뭐 이런 것들을 만들어 내는 게 중요한 거 같아요. 이거 매우 좋은 거 같아요. 이렇게 해볼 수 있는 진짜 변인을 조작해 볼 수 있게 하는 거 ... 학생이 스스로 하는, 이런 것들(수행적 기능)을 좀 늘리면 좋을 거 같아요.

또한 탐구활동 맥락에서 표에 결과를 직접 기입하면 자동으로 그래프를 그려주는 보충적 기능과 수행적 기능의 표상에 대해서는 A, B, C교사 모두 그래프는 학생이 직접 그려봐야 한다고 생각하며, 결과를 너무 쉽게 습득한다는 점에서 부정적으로 인식하였다. C교사의 경우, 그래프를 직접 손으로 그리는 교육을 따로 시행한다면, 수업 시간에 디지털교과서의 표상을 활용하여 자료 해석과 탐구에 초점을 두는 것은 긍정적인 의미가 있겠다고 응답하기도 하였다.

A : 너무 쉽게 하는 거 같아서, 이걸 쉽게 톡 눌러서 해버리면, 애들이 별로 도움이 안되는 거 같아요. 수업할 때는 굳이 뭐 이걸 쓸 필요는 저는 못 느꼈어요. 그래프 그리는 거 자체가 애들한테 학습인데 그게 좀 ...
(그래프는) 직접 그려봐야 되는거 같아요.

B : 글썄. 음. 이런 거 별로 안 좋아하거든요. 아이들이 너무 쉽게, 너무 편리하게 뭔가를 습득하면 금방 잊어버린다 생각을 하기도 했고. 그래프 실제로 자기가 직접 그려봐야 되고.

C : 시간 많이 걸리는 것보다 자료 해석해서 결과를 내는 게 더 의미 있어 보여서 ... 자동으로 해주는 건 참 좋은 거 같아요.

그 밖에, 요약적 기능과 설명적 기능의 표상에 대해서는 교사들이 교실 수업에서 활용하지 않았으나, 이러한 표상을 통해 학생들이 직접 설명할 수 있는 기능으로 활용할 수 있다는 점에서 긍정적으로 인식하였다. 한편, 학생이 교사에게 데이터를 전송하고 교사가 학생에게 피드백을 줄 수 있는 기능이 추가되면 좋겠다고 응답하기도 하였다.

(3) 외적 표상의 제시방법

외적 표상의 제시방법 중 제시 형태에 대해서는 정화상과 동화상이 같이 나타나는 플래시와 같은 외적 표상에 대해서 긍정적인 인식이 나타났다. 서책형교과서와 동일한 시각적 표상에 애니메이션 효과를 추가한 표상에 대해서 교사들은 혼합형 표상인 동영상보다 효과적이고 설명에 좋다고 응답하였다.

A : 그게 훨씬 좋은 거 같아요. (영상보다)

B : 플래시 같은 게 있어서 뭐 이렇게 자꾸 해보게 하고, 설명할 때는 좋았던 거 같아요.

C : 영상과 플래시가 가능하니까, 정지되어 있는 그림보다는 이해에 도움이 많이 되는 거 같긴 해요. 플래시 같은 거 이게 더 나은 거 같아요. 동영상보다. 오히려 효과적인 거 같은 느낌.

공간 활용 형태 중에서 클릭과 함께 정답이 제시되는 표상에 대해서는 학생들이 아무것도 하지 않고 너무 쉽게 정답을 얻게 된다는 점에서 A, B, C교사 모두 부정적으로 인식하고 있었다. 한편, A교사는 정답 그래프가 이론값과 실험값의 비교 및 오차 원인 생각하기 등에서는 탐구 능력을 향상시켜 줄 수 있어서 좋은 점도 있다고 응답하였다.

A-1 : 실제 그래프가 어떻게 되는지, 이론값이 어떻게 되는지, 오차가 얼마나 나타났는지, 이것 한 눈에 꼭 보여주니까. 이론과 실험이 같지 않다는 건 알아야 되는 거고, 얼마나 다른지 혼자 생각할 수 있는 시간을 해볼 수 있게 하는 건 좋은 거 같아요.

A-2 : 난 이거 좀 없었으면 좋겠는데... 좀 더 쉬워졌을 거예요 아마.

B : 이미 답을 다 거기에 제시가 되면 애들은 답을 그냥 보기만 하거든요.

C : 아무것도 안 써도 정답 누르면 나오거든요. 뭘 써야 정답을 나오게 해야지... 답 기능 이거 끝까지 (학생들한테) 얘기 안 해주려구요. 정답 나오는 거 별로예요.

클릭의 형태로 공간을 활용하는 외적 표상에 대한 교사들의 인식은 복잡적으로 나타났다. 단순 클릭에 대해서는 의미가 없으며, 학생이 혼자 눌러보면 좋지 않다는 부정적인 인식이 있었다. 한편, 교사가 수업에서 단계별로 설명할 때는 한 번에 제시되는 것보다 클릭을 통해 설명 순서에 맞게 필요할 때 제시된다는 점에서는 긍정적으로 생각하였다. 또한 클릭의 표상을 통해 단순한 공간 활용을 넘어서서 학년 간 개념 연계 등으로 이어지면 좋겠다는 응답도 있었다.

A : 별거 없잖아요. 누르면 움직이고 끝나요. 전에 배웠던 개념하고 연관되는 거잖아요? 클릭 같은걸 하면 그 때의 관련된 사진이라든지, 부연 설명? 리마인드 해줄 수 있으면, 그런게 있으면 좋겠네요.

B : 그냥 교과서에 있는 그림으로 클릭했을 때 크게 뜨는 거고.

C-1 : 한 번에 다 제시되어 있으면 별로 안 좋은데... ‘첫 번째 것 클릭해봐. 어떤 모양이야? 자, 두 번째 것 클릭해봐. 비교한번 해보자.’ 끌고 가는 데는 참 좋은 거 같아요. 단계별로 끌고 갈 때는 참 좋은 거 같아요.

C-2 : (학생이 혼자 순서 상관없이 막 눌러보면) 그건 안 좋을 거 같네요.

전반적으로 디지털교과서에 제시된 외적 표상에 대한 교사들의 인식은 긍정적이지 않았음을 알 수 있다. 이는 디지털교과서 자체에 대한 인식이 부정적이어서 이어진 결과라고 분석할 수 있다. A교사의 경우, ‘다들 싫어하는 거 저한테 토스를 해서 울며 겨자 먹기로 한 거예요.’와 같은 식으로 응답할 정도로 디지털교과서에 대한 인식이 좋지 않았다. B교사는 ‘교사는 이중 삼중의 일을 했고, 아이들은 되게 산만하고, 귀찮아지고’라고 응답하며 교사가 해야 할 일이 너무 많아지고, 실제 수업에서 과학 디지털교과서를 가장 많이 활용해 본 교사로서 ‘없어져야 할 교과서’라는 표현을 쓸 정도로 부정적으로 인식하고 있음을 알 수 있다. C교사 또한 ‘디지털이라는 색만 입혔지, 교과서 위주로 돌아가자 라는 거 같아요. 그래서 좀 하고 싶은 생각이...’라고 말하며, 손으로 아주 조금을 표현하며 거의 없다고 응답하였다. 이러한 교사들의 디지털교과서 자체에 대한 인식이 디지털교과서에 제시된 외적 표상에 대한 인식에도 영향을 끼친 것이라고 판단된다.

4.2.2. 교사들의 활용

(1) 외적 표상의 종류

먼저, 전체적인 외적 표상에 대해서는 A, B, C교사 모두 거의 활용하지 않았고, 일부 활용한 경우에는 학생들이 개인별로 볼 수 있도록 사용하였다고 응답하였다. B교사에 따르면, 학교에서는 태블릿 PC와 같은 스마트 기기를 기반으로 하여 디지털교과서를 사용하고 있으며, 각 학급의 같은 번호 학생들이 같은 기기를 사용하고 있는 상황이라고 하였다. 학생들은 디지털 교과서를 해당 수업 시간에만 한정적으로 사용할 수 있으며, 여러 학생이 하나의 기기를 사용하고 있으므로 수업 시간에 필기한 내용은 저장되지 않고 사라진다. 이로 인해 활용할 수 있는 범위가 제한되고, 학생들이 디지털 교과서에 제시된 외적 표상을 활용하여 기록한 내용도 사라져서 학습이 원활하게 이어지지 않고 있다고 지적하였다.

A : 지네끼리 보는 게 좋아요. 전 그런 식으로 활용을 했고

B : 그렇게 많이 쓰질 않아서.

C : 제가는 안 보여줬구요. 각자가... 참고용으로 서책형교과서 비슷하게 활용을 했었고.

서책형교과서보다 디지털교과서에서 가장 많이 증가하였던 언어적 표상은 교사들이 단 한 번도 활용하지 않았다고 응답하였다. 공통적인 의견으로 수업할 때는 사용하지 않았고, 학생들이 혼자 볼 때 사용할 수도 있을 것 같다고 응답하였다.

A : 제가 수업할 때는 안 쓰고... 애들 혼자 공부할 때, 자기주도학습 할 때는 많이 쓸 수도 있겠죠. 글만으로 말고 간단한 사진하고 같이 이렇게 팝업 딱 떼으면 좋겠어요.

B : 아이들이 그걸 혼자서 뭐 이렇게 할 때, 그 때는 봤죠. 그 정도밖에 이용을 안한 거 같아요.

C : 활용도를 높게 쓰려면 애(언어)를 변화해야 한다고 생각이 들더라고요.
사실 거의 안 쓰는 거 같아요. 읽고 싶지 않게 되어있어.

두 번째로, 시각적 표상과 관련한 교사의 활용이다. A교사와 B교사는 사진이나 그림을 수업할 때 단순하게 활용하는 정도에 그쳤으나, C교사는 학생들에게 스스로 시각적 표상을 보고, 응용해서 그림을 그리고 업로드 하는 방식으로 활용하기도 하였다. 이후 교사는 학생들이 새롭게 만들어 낸 시각적 표상을 가지고 설명하는 방식으로 수업에 활용하였다.

A : 지네들이 알아서 찾아보는 경우, 경향이 좀 있어요.

B : 사진이나 그림 정도만 단순하게 보여주고

C : 그림그리기 할 때, 조별로 했으니까 협동학습이겠죠. 증발에 대해서 하는데 빨래 말리는 만화를 그려라 라고 했어요. 모르면 내가 간단히 설명을 해주고 그 다음에 그래도 모르겠으면 디지털교과서 보라. 그리고 찍어서 위두랑에 올렸고... 교과서(시각적 표상) 활용해서 아이들이 만들어낸 거를 다시 재활용해서 설명을 하는...

세 번째로, 청각적 표상은 교사 모두 부정적인 인식을 가지고 있었던 것과 일맥상통하는 활용도를 보였다. 교사들 모두 활용을 하지 않았고, 수업할 때는 더욱 필요가 없다고 응답하였다. 특히 B교사는 청각적 표상의 활용과 관련하여 아무 응답도 하지 않았다.

A : 이게 기능이 있어도 안 쓸 거 같아요. 수업할 때 진짜 더더욱 필요가 없는데

C : 저는 안 써봤거든요 사실. 수업시간에 활용하기에는 조금 활용도는 떨어질 거 같긴 해요.

마지막으로, 동영상의 형태로 제시되는 혼합형 표상에 대한 교사의 활용이다. 먼저 전체적인 맥락에서 활용 정도와 방식을 살펴보면, B교사는 수업시간에 학생이 개인별로 동영상을 볼 경우의 문제점에 대해 이야기하였고, 교사가 앞에서 한 번에 보여주는 방식으로 밖에 활용할 수 없었다고 이야기하였다. 또한 동영상이 중간에 끊기지 않고 통째로 보여주어야 하는 형태이

므로 수업에서 설명을 하며 활용할 시 발생하는 어려운 점에 대해서 언급하였다. 한편, 성취 수준이 높은 학생들보다는 낮은 학생들이 개념을 이해하는 데 동영상과 같은 혼합형 표상이 도움 된다고 응답하기도 하였다.

B-1 : 영상 볼 때 보고, 모둠끼리 공부할 때 줘서 공부하게 하고 그렇게 썼던 거 같아요. 특히 이해가 좀 떨어지는 친구들, 늦은 아이들한테는 훨씬 더 도움이 되지요. 영상을 보는 것이.

B-2 : 영상을 틀면 소리가 크게 나잖아요. 32명이 동시에 막 소리 들리는 거예요. 이어폰 준비해줘야 하고... 진도가 다르니까 애들이 영상을 보는 시간이 약간씩 다른 거예요. 그럼 결과적으로 ‘그거 하지 말고, 애들아 여기 봐’ 해서 대표로 보여주는 방법밖에 없잖아요. 통째로 보여줘야 하잖아요. 중간에 끊을 수도 있지만 이미 끊겨지지 않아요. 왜냐하면 그 영상이 나한테만 있어야 하는데 애들한테도 있게 되잖아요.

디지털교과서에 추가된 혼합형 표상의 경우, 개념설명과 탐구활동 맥락에 따라서 교사의 활용이 다르게 나타났다. A교사와 B교사는 개념설명 동영상을 거의 활용하지 않았다. 전체적인 개념을 그대로 보여주는 혼합형 표상은 학생들이 멍 때리게 되므로 쓸모가 없다고 응답하였다. 한편, C교사는 단원을 시작할 때 교사가 개념설명 동영상을 앞에서 제시하고 학생들이 해당 단원에 대한 핵심 단어를 찾아 적는 방식으로 수업을 진행하였는데, 이때 학생들에게 생소한 단어를 친숙하게 할 수 있는 효과가 있어서 활용을 하기 좋았다고 응답하였다.

A : 전체적인 개념 보여주는 동영상은 쓴 것도 있고 안 쓴 것도 있어요. 동영상 중에 쓸모없는 일반적으로 설명하는 게 있더라구요. 그건 스피커로 듣는 것보다 제 목소리로 듣는 게 아무래도 좀 더 맞다고 생각을 해서 제가 직접 설명했어요. 아무래도 이거 틀어놓다 보면 그냥 멍 때리게 되잖아요.

B : 별로 많이 안 쓰긴 했는데... 교과서에 있는 내용을 그대로 다 보여주지 않았어요. 전체 수업에서는... 약간 조금 아닌 것도 있었거든요.

C : 노트 열어놓고, 동영상은 앞에서 전체적으로 틀어줬어요. 단어들이 친숙하게 할 때 영상을 쓸 수 있는 거 같고.

탐구활동 동영상은 교사들이 수업에서 많이 활용하였다. C교사는 동영상에서 탐구현상의 이유를 찾아서 캡처하고 결과를 적어서 업로드하는 수업을 진행하며 혼합형 표상을 활용하였다. 한편, B교사는 현실에서 불가능한 실험을 증강현실과 가상실험을 통해 학생들이 직접 조작하도록 활용하면 좋겠다고 활용 가능성을 높이기 위한 방안을 새롭게 제시하였다.

A : 실험 동영상 같은 경우에는 애들이 직접 보라고 하고, 실험 많이 했고... 실험 영상 보여주는 거 하구요.

B : 실험 불가능한 게 몇 개 있어요. 그런 경우에는 제가 영상을 좀 보여줬어요. 현실에서 불가능한 실험인 경우에는 증강현실로 보여줘서... 증강현실 통해서 실험을 조작 해보게 하면, 여러 조건 주면 할 수 있지 않을까. 실험 할 때 힘드니까 이런 거(위험한 실험) 같은 경우는 증강현실 해도 되잖아요.

C : 동영상 중에 설명이 다 나오잖아요. 온도를 높일 때 과자봉지 부푸는 이유가 설명이 되어 있더라구요. 그 장면을 캡처해서 올려라. 그러면 애들이 이제 동영상 수십 번 보겠죠. ... 영상 보고 올리고 캡처하고 하는 거. 영상에서 결과를 적게 해서 타이핑을 했어요. 이렇게 잘라내서 위두랑에다가 학번 써서 올려라. 그럼 이것 찾으려고 여러 번 보고, 자동적으로 이제 배우게 되고 이런 활동을 했는데.

(2) 외적 표상의 기능

개념에 대한 보충 설명, 용어 설명, 심화 내용과 같은 보충적 기능의 표상은 A, B, C교사 모두 활용하지 않았다. 과학 개념에 대해 설명이 필요할 경우에 교사가 직접 언급하면 된다고 생각하며, 이러한 보충적 기능의 표상을 활용할 필요가 없다고 응답하였다.

A : 그런 거는 딱히 사용을 안 한 게, 교과서 이상의 뭔가 추가적인 내용에 대해서 따로 제시하거나 그런 적은 거의 없어요. 용어설명에 대해서는 제가 설명을 하면 되고.

C : 그런 건 활용을 안 했어요.

다음으로, 디지털교과서에 새롭게 추가된 실험결과를 기입하거나 변인을 직접 조작해보는 수행적 기능의 표상으로 인해 학생들로 하여금 수업 시간에 하게 만들도록 활용할 수 있었다고 응답하였다. 하지만 변인 조작, 표기입, 그래프 그리기 등의 표상이 실질적으로 활용하지 못하도록 제시되어 있고, 전체 수업에서는 진행하기 어렵기 때문에 활용하지 않았다고 응답하였다.

B : 전체 교사 수업에서는 아닌 거 같은데... 안 썼어요.

C-1 : 뭔가라도 수업시간에 이제 하게 만드는...

C-2 : 디지털교과서에 학생들이 직접 그림 그리는 건 아직 안 써본 거 같아요. 그림 그리는 건 없고 펜으로 그냥 쓰는 건데... 표가 그림으로 나와 있는 거예요. 그냥 이 그림이 뜨더라구요. 텍스트를 입력할 수가 없어요.

또한 탐구활동 맥락에서 표에 결과를 직접 기입하면 자동으로 그래프를 그려주는 보충적 기능과 수행적 기능의 표상에 대해서는 A, B, C교사 모두 좋은 기능이지만 활용하지 않았다고 응답하였다. 수업 시간에는 불필요하며, 그래프를 자동으로 바로 그려주기보다는, 학생들이 직접 그래프를 그린 후에 해당 기능의 표상이 제시될 수 있도록 하여 활용하였으면 좋겠다고 응답하였다.

A : 좋죠. 너무 좋은데... 수업할 때는 굳이 뭐 이걸 쓸 필요는 저는 못 느꼈어요. 저는 많이 안 썼어요. 한 번 쓰고 안 썼어요.

B : 안 써봤어요. 전혀 안 썼어요. 이걸 표에 기입하면 바로 그려주기보다는, 표를 보고 직접 그려보게 하고, 그리고 난 다음에 완료를 눌러주면, 또 다시 그래프를 보여줘서 아이가 어떤 성취감을 느끼게 해주면 좋거든요.

그 밖에, 요약적 기능과 설명적 기능의 표상에 대해서는 C교사만 활용하였다. 학습할 개념과 목표를 미리 확인하는 것과 학습한 개념을 정리하는 차원에서 해당 표상을 활용하였고, C교사는 ‘학습 목표 확인하는 기능, 지식을 전달하기보다는 정리해주고’ 라며, 수업에서 과학 개념을 설명하며 지

식을 전달하기보다는 정리해주는 방식으로 활용이 가능하다고 응답하였다.

(3) 외적 표상의 제시방법

외적 표상의 제시방법 중 제시 형태에 대해서는 정화상과 동화상이 같이 나타나는 플래시와 같은 외적 표상의 활용도가 매우 높았다. 교사들은 전체 수업에서는 어려운 과학 개념과 구조를 설명할 때 유용하게 활용하였으며, 개인적으로 학생들이 학습할 때도 많이 활용하도록 지도하였다.

A : 전체적으로 설명해주는 플래시 같은 거는 제가 직접 보여주는데...

플래시처럼 구조를 설명해준다던지 그런 거는 이제 애들 집중시켜놓고.

B : 보면서 ‘이게 이런거야.’ 그 때 설명할 때는 좋았던 거 같아요.

주로 많이 썼던 것은 플래시 자료. 분자의 운동 같은거 막 설명하기 어려운 거 직접. 플래시는 애들이 자주 봤어요. 자주 제가 틀어보라고

C : 최근에 뭘 봤냐면, 증발하고 확산에 대한 내용을 플래시로 봤는데, 향수가 자꾸 줄어들고 입자가 나가는 그거를 그림으로 보면 잘 이해가 안 되지만, 그거 하니까 아이들이 ‘아~’ 이해하더라구요. 개인적으로 다 보게 해 놓고 시간을 주고, 그 다음에 다시 집중시켜서 점검을 해줘야 되더라구요.

공간 활용 형태 중에서 클릭과 함께 정답이 제시되는 표상에 대해서는 A, B, C교사 모두 부정적으로 인식하고 있었던 것과 일맥상통하는 결과가 나타났다. 교사들 모두 활용하지 않았다고 응답하였다. 클릭의 형태로 공간을 활용하는 외적 표상에 대한 활용은 교실수업의 맥락과 자기주도학습의 맥락이 서로 상반된 양상을 보였다. 수업할 때는 플래시와 같은 표상을 설명하기 위해 클릭하는 경우를 제외하고는 거의 활용하지 않았다고 응답하였다. 한편, 학생들이 개인적으로 학습할 때 활용할 수 있다고 생각하며, 교사가 수업할 때 진행하는 흐름에 따라 보여주며 활용할 수 있을 것이라는 활용 가능성에 대해 언급하기도 하였다. 또한 다양한 시각적 표상의 형태가 클릭-팝업과 같은 방식으로 제시되었으면 좋겠다고 응답하였다.

A : 수업할 때는 대부분 설명을 하고, 설명에 필요한 걸 잠깐 잠깐 보여주고.
아마 혼자 공부하는 애들은 많이 눌러봤을 거예요.

A-2 : 수업할 때는 많이 안 써요. 딱 필요한 것만 하고, 많이 안 썼어요. 글만으로 말고 간단한 사진하고 같이 이렇게 팝업 딱 떼으면 좋겠어요.

B-1 : 아이들이 그걸 혼자서 뭐 이렇게 할 때, 그 때는 봤죠. 그 정도밖에 이용을 안 한 거 같아요.

B-2 : 잘 안 했던 거 같아요. 이렇게 많이 제시되어 있으면 애들이 누르라 그러면 막 누르고, 이것저것 막 연관성 없이.

C : 추가적인 자료를(시각적 표상) 하이퍼링크 식으로 넘기다던가, 이런 식(클릭)으로 넘긴다던가.

4.2.3. 과학교실 상호작용 양상

(1) 외적 표상의 종류

먼저 전체적인 외적 표상을 활용한 상호작용에 대해 교사들은 대체로 만족하지 못하고 있었다. A교사와 C교사는 기존의 교수학습방법으로는 디지털교과서를 사용한다고 할지라도 학생들이 흥미를 느끼지 못하였으며, 디지털교과서에 특화된 외적 표상들을 통해 학생들이 흥미를 가질 수 있게 하는 적극적인 교수학습방법이 필요하다고 응답하였다. 또한 B교사는 학생과 매체 상호작용의 증거가 매체에 남고, 이를 교사와의 상호작용으로 연결되도록 구성이 되었으면 좋겠다고 응답하였다.

A : 여러 가지 사진도 찍을 수 있고 계산도 할 수 있고

B : 기존 방법 가지고 그냥 읽어봐! 뭐 봐!(표상) 그러면 재미없어 하고...

뭔가 이렇게 했다는 흔적들이 그 안에 남으면 좋을 거 같아요. 이걸 통해서 교사한테 보낼 수 있게.

C : 아이들이 이 양에서 오는 부담감이 줄어들 뿐만 아니라 조금 더 흥미를 가질 수 있는.

서책형교과서보다 디지털교과서에서 가장 많이 증가하였던 언어적 표상은 앞서 언급하였듯이, 교사들이 거의 활용하지 않았다. 또한 말주머니의 형태로 제시된 청각적 표상도 활용하지 않았다. 이에 따라 교사들은 언어적 표상과 청각적 표상을 통한 상호작용에 대해 응답하지 않았다. 그러나 교사들의 전체적인 면담 내용과 분위기를 분석하여 보면, 교사들은 언어적 표상과 청각적 표상이 학생과 매체 상호작용에 전혀 도움을 주지 않으며, 청각적 표상은 교실수업에서 오히려 교사와 학생 상호작용에 방해가 된다고 생각하는 것을 알 수 있었다.

다음은 시각적 표상을 통한 상호작용이다. 전반적으로 교사들은 디지털교과서에 제시된 시각적 표상이 학생들이 의사소통하고 상호작용하는 데 도움이 되었다고 응답하였다. 시각적 표상을 통해 학생들의 개념에 대한 이해도가 높아졌고, 이를 통해 교사와 학생 사이의 문답이 활발해지는 수업

양상을 보였다고 응답하였다. 특히 C교사는 학생들에게 문제를 제시하고 학생들이 시각적 표상을 활용하여 결과물을 만들도록 하는 프로젝트형 수업을 구성하였다. 이 수업에서 시각적 표상을 활용한 결과, 교사는 학생과 학생의 상호작용과 학생과 매체 상호작용에 많은 긍정적인 효과를 가져올 수 있었다고 생각하였다.

B : 표에 기입하면 바로 그려주기보다는 표를 보고 직접 그려보게 하고 완료를 눌러주면 또 다시 그래프를 보여줘서 아이가 어떤 성취감을 느끼게 해주면 좋거든요. 이것도 또 하나의 공명이 되겠죠.

C : 그림을 한 번 보고 동영상 한 번 보고 시작을 하면... 교사가 먼저 설명을 해주고 한 것보다 훨씬 자기들끼리 상호작용하는데 크게 도움이 될 거 같아요. 아이들이 근거자료로 삼아서 자기의 주장을 얘기할 때, 그런 상호작용에는 도움이 많이 될 거 같아요. ... 애들 올린 거 확인하고 설명 간단하게 해 주고, (사진, 그림 만든 거 다시 설명하는) 이해도가 더 높아지는 거 같아요. 그리고 애들이 질문을 해요. ‘교과서에 있는 그림 이용해도 돼요?’ 제가 이 그림을 보고 일부러 설명을 해요. ‘이렇게 한 거 같은데 맞아?’ 그러면 아이들 표정이 달라져요. 그럼 ‘아니구나!’ 맞으면 ‘맞아요!’ 그러고.

마지막으로, 동영상의 형태로 제시되는 혼합형 표상을 활용한 교실 상호작용이다. 2009 개정 교육과정의 디지털교과서를 활용한 A교사와 B교사는 상호작용에 대해 부정적으로 응답하였고, 2015 개정 교육과정의 디지털교과서를 활용한 C교사는 긍정적으로 응답하였다. A교사와 B교사는 동영상이 중간에 끊기지 않고 처음부터 끝까지 전체가 보여지기 때문에, 이 표상을 활용하여 중간에 질문 혹은 발문을 하지 못한다는 점에서 부정적으로 보았다. 한편, C교사는 학생들이 의사소통하고 서로 상호작용하는 데에 동영상이 도움이 되며, 동영상을 보며 주어진 문제를 해결하기 위해 학생들이 적극적으로 참여하게 된다고 하였다. 이를 통해 동영상의 형태로 제시되는 혼합형 표상은 교사와 학생 상호작용보다는 학생과 학생 상호작용과 학생과 매체 상호작용에 긍정적인 영향을 끼쳤음을 알 수 있었다.

A : ‘거기 영상 보면 나와 있어’ 하면 애들이 다시 봐요. ... 그렇게 몇 번 했더니 잘 안 물어보더라구요. 그래서 꼭 필요한 질문만 하게 되긴 해요. 아무래도 이거 틀어놓다 보면 그냥 멍 때리게 되잖아요.

B : 영상이 애들한테도 있게 되잖아요. 딱 끊어서 발문하고 그러기에는 조금... 질문을 해야 될 부분들이 있거든요.

C : 애들이 재밌어서라도 볼 거 아니에요. 동영상 한 번 보고 시작을 하면... 교사가 먼저 설명을 해주고 한 것보다 훨씬 자기들끼리 상호작용하는데 크게 도움이 될 거 같아요. 아이들이 근거자료로 삼아서 자기의 주장을 얘기할 때, 그런 상호작용에는 도움이 많이 될 거 같아요. 애들 지들끼리 막 얘기해요. ‘상태 적어, 고체 액체 적어.’ 애들이 뭔가를 하게 되긴 하네요.

(2) 외적 표상의 기능

디지털교과서에서 가장 많이 제시되었던 보충적 기능의 표상을 통한 상호작용은 면담을 통해 분석할 수 없었다. 앞서 언급하였듯이, 교사들은 용어 설명, 보충 설명과 같은 보충적 기능의 표상은 활용을 하지 않았다. 따라서 교실에서의 상호작용을 살펴볼 수 없었지만, 교사들은 학생이 자기주도 학습을 하는 경우라면, 학생과 매체 상호작용에 도움이 될 것이라고 생각하였다.

또한 탐구활동 맥락에서 표에 결과를 직접 기입하면 자동으로 그래프를 그려주는 보충적 기능과 수행적 기능의 표상도 활용하지 않았다. 이에 따라 해당 기능의 표상을 통한 상호작용에 대해 응답한 내용은 없었으나, 교사들의 전체적인 면담 내용과 분위기를 분석하여 보면, 성취 수준이 높거나 고등학교 이상의 학생들이 탐구활동을 하는 데에는 학생과 매체 상호작용에 도움이 된다고 생각하며, 이를 잘 활용하면 학생들의 지적 탐구 능력을 더욱 증진시킬 수 있을 것이라고 기대하는 것을 알 수 있었다.

다음으로, 탐구활동 맥락에서 디지털교과서에 새롭게 추가된 실험결과를 기입하거나 변인을 직접 조작해보는 수행적 기능의 표상을 통한 상호작용에 대해서는 학생과 매체 상호작용이 증가했다는 긍정적인 응답이 있었다. 학생이 디지털교과서의 외적 표상에 직접 작업을 해야 하는 기능이기

때문에 당연히 매체와의 상호작용은 증가할 수 밖에 없다. 그러나 현재의 디지털교과서에서는 수행적 기능의 표상을 통한 상호작용이 발현되지 못하게끔 구성이 되어 있어서 교사들이 아쉬움을 토로하였다. 따라서 교사들은 단순한 클릭으로 제시해주기보다는 학생들이 더욱 구체적이고 복잡하게 조작할 수 있도록 외적 표상이 구성될 필요가 있다고 느꼈다. 한편, 학생들이 흥미를 가지고 탐구해볼 수 있는 기회를 제공하여서 학생의 참여가 증진되었다는 의견이 있었다. 그러나 마찬가지로 현재 디지털교과서에 제시된 수행적 기능의 표상은 학생들의 호기심과 흥미를 유발하기에는 너무 간단한 조작 수준이기 때문에 아쉽다고 응답하였다.

A-1 : 열심히 하는 애들이죠. 괜찮은 애들. 이미 하고 그랬어요.

A-2 : 근데 금세 시들해지긴 해요

B : ‘일단 해봐’ 그 정도? 그러면 애들 하겠죠? 근데 정말 흥미가 있을까 싶은 생각이 들어요. 직접 그래프를 그려보고, 그러면 아이들이 누가 어떻게 그래프를 그렸는지가 딱 눈에 보이고, 그 다음에 거기에서 뭐가 틀렸는지 옳았는지를 설명할 수 있게... 그러면 교사하고 아이들하고 상호작용이 굉장히 좋은데... 표에 기입하면 바로 그려주기보다는 표를 보고 직접 그려보게 하고 완료를 눌러주면 또 다시 그래프를 보여줘서 아이가 어떤 성취감을 느끼게 해주면 좋거든요. 이것도 또 하나의 공명이 되겠죠. 증강현실, 가상 실험으로 아이들이 충분히 조작이 가능한 상태에서 정말로 아이들이 하는 것처럼... 애들은 굉장히 조작하는 걸 좋아해요. 실패하더라도.

내용 정리의 형태로 추가된 설명적 기능과 요약적 기능의 표상은 교실수업에서 교사들이 활용하지 않았기 때문에 교사와 학생 상호작용에 영향을 끼치지 않았다. 하지만 교사들은 학생이 자기주도학습을 하는 경우라면, 학생과 매체 상호작용에 도움이 될 것이라고 생각하였다.

그 밖에, ‘위두랑’이라는 외부 프로그램을 통해 교사와 학생 상호작용이

위두랑은 디지털교과서와 연계하여 디지털교과서 내에서 바로 활용할 수 있는 온라인 학습 커뮤니티이다. 위두랑의 뜻은 ‘WE DO’와 ‘랑’을 결합한 말로서 위두랑이라는 포맷의 온라인 커뮤니티 활동을 통해 학생들이 자연스럽게 의사소통하고 협업 능력을 증진시킬 수 있다. 위두랑을 활용하면 디지털교과서와 연

이루어질 수 있다고 응답하였다. 교사들은 실제로 공유라는 측면에서는 디지털교과서 뿐만 아니라 ‘위두랑’을 같이 활용해야 한다고 하며, 학생들이 수행한 과제를 교사들이 요약하고 설명하는 기능의 측면에서 긍정적으로 생각하고 있었다. 그러나 ‘위두랑’에만 의존하는 것이 아니라 디지털교과서 자체에서 외적 표상의 기능들을 활용하여 즉각적인 피드백이 이루어질 수 있도록 구축되어야 한다고 주장하였다.

B : 아이들이 올린 내용들이 교사가 볼 수 있어서 함께 이야기 할 수 있는 뭔가가 연결되어야 하는데... 즉각적인 피드백이 이루어지는 기능들이 많아야 해요.

C : 공유라는 측면에서는 반드시 써야 하는 거 같아요. 공유를 해야 피드백이 가능하고, 상호작용 가능...

(3) 외적 표상의 제시방법

외적 표상의 제시방법 중 제시 형태에 대해서는 정화상과 동화상이 같이 나타나는 플래시와 같은 외적 표상을 통한 상호작용에 대해서는 교사들이 가장 긍정적으로 응답하였다. 교사들은 이러한 외적 표상이 과학 개념 및 원리를 설명하며 학생들에게 발문하거나 학생들의 질문에 답하기 위해 설명할 때, 교사와 학생 상호작용에 도움이 되며 가장 효과적이라고 생각하였다. 또한 학생이 원할 때 다시 돌려 볼 수 있다는 점에서 학생과 매체 상호작용에도 긍정적인 영향을 끼친다고 하였다. 한편, 학생과 매체 상호작용을 증진시키기에는 학생의 흥미를 유발할 수 없는 다소 간단한 형태라는 점에서 아쉬움을 토로하였다.

계하여 학습 활동을 통해 생산된 자료를 학급에서 손쉽게 공유할 수 있다. 뿐만 아니라 교사나 학생의 글을 실시간으로 확인할 수 있어 학습 목표 달성을 위한 상호 작용을 촉진하며, 포트폴리오를 생성하여 학습 활동 및 내용을 손쉽게 정리할 수 있고, 디지털교과서와 함께 참여, 소통, 공유, 협력을 위한 최적의 온라인 커뮤니티 도구로 활용할 수 있다(강정숙 등, 2017).

A-1 : 이제 지들이 언제든지 그걸 다시 돌려서 볼 수 있잖아요. 진지한 애들은
이거 진짜 보고하는 애들 있긴 있어요.

A-2 : 이거 클릭해서 움직이는 거 뭐. 엄청난 것도 아니고 흔히 예상할 수 있는
거. 딱 움직이는 거 생각대로 움직이잖아요. 예상 하는 대로, 그래서 그
냥 별로 재미없어 해요. 애들 별로 재미없어 해요.

B : 설명할 때 좋았다. 늦은 아이들한테는 훨씬 더 도움이 되지요.

C : 학생들한테 질문을 던지고 답을 하고 이렇게 점검해주면 되는 거 같은데...
오히려 효과적인 거 같은 느낌(다른 표상보다는). 좀 더 관심 갖고, 조금
더 참여하게 되고 이런 느낌인거 같구요.

공간 활용 형태 중에서 클릭과 함께 정답이 제시되는 표상을 통한 상호
작용에 대해서는 혼자 학습하는 학생들과 기초학력이 부족한 학생들에게는
개별 학습을 하는 데에 도움이 된다고 응답하였다. 이러한 경우에는 학생과
매체 상호작용이 극대화 될 수 있다고 생각하였다. 한편, 수업을 진행할 때,
교사가 질문을 하면 학생들이 답을 미리 보고 대답을 하게 되므로 교사와
학생 상호작용 측면에서는 부정적으로 생각하고 있었다.

A-1 : 기초학력이 많이 부족한 애들은 거기서 바로바로 답이 나오니까 좀 더
쉽게 문제를 풀어볼 수 있겠죠. 이게 있으면 뭐 역시 혼자 공부하는 애들
뭐 좀 할 줄 아는 애들한테는 딱 보기 좋겠죠.

A-2 : 답 먼저 보고 물어봤을 때 대답을 하고 그렇게 하더라구요.

클릭의 형태로 공간을 활용하는 외적 표상을 통한 상호작용에 대해서는
위에서 언급한 정답 제시 표상과 마찬가지로, 혼자 학습하는 학생들에게는
학생과 매체 상호작용에 긍정적인 영향을 끼치나, 수업에서 교사 학생 상호
작용에는 부정적인 영향을 끼친다고 응답하였다. 혼자 학습하는 학생들의
경우에는 적극적으로 눌러보고 활동을 하지만, 교실수업에서 교사가 일일
이 학생들과 함께 클릭 표상을 눌러보지는 않고, 이미 학생들이 학습 내용
과 관련 없이 무분별하게 눌러보므로 활용하지 않았다고 하였다. 한편, B교
사는 수업의 흐름대로 교사가 발문하며 클릭한다면 교사와 학생 상호작용
에 긍정적인 효과를 가져 올 수 있을 것으로 기대하기도 하였다.

A : 제가 모두 그걸 다 건드리면서 너는 여기서 이걸 해봐야 되고, 여기서 이걸 해봐야 되고 이렇게 하진 않았거든요.

B : 수업의 흐름대로 하나씩 보여주겠죠. 아니면 발문을 하고 아이들한테 답변을 듣고, 그 다음에 어 그럼 한번 볼까? 그 때 누르면 애들 이렇게 볼 수 있게. 그건 팬츠를 거 같은데... 아이하고 버튼을 눌렀을 때 이런 결과가 나오면 그거 가지고 그룹에 가서 이렇게 이야기 하거나.

전반적으로 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 활용한 수업에서의 상호작용과 학생들의 참여 양상을 상호작용 형태에 따라 살펴보면, 교사와 학생 상호작용은 발문 및 질문의 형태에서 특별한 차이를 보이지 않았으며 오히려 감소한 것 같다고 응답한 경우가 많았다. 또한 학생으로부터 질문이 제기되어도, 과학 개념과 지식 등 학습 내용에 대한 질문보다는 매체에 대한 방법론적인 질문이 많았다고 응답하였다.

A : 교사랑 학생 상호작용이면 제가 설명해야 할 부분을 디지털교과서가 설명하는 부분이 꽤 많잖아요. 제가 애들한테 이렇게 뭔가를 주는 거는 약간 조금 어느 정도 적어졌어요. 줄어들었어요. 질문이 확실히 줄어들었어요. 실험 수업 탐구수업 중간에 자기들이 모르는 문제 모르는 거 확인할 수 있을 때 번거롭게 교사한테 안 물어보고 지내들이 직접 이렇게 체크를 해볼 수 있고... 자기주도학습에 특화된 기능들 인거잖아요. 그래서 교사가 상호작용 하기에는. 오히려 이거 때문에 상호작용이 줄지 않을까요? 애들 지들 혼자 봐버리면 되니까.

B : 결국은 교사와 학생 사이에 주고받는 상호작용이 굉장히 중요하잖아요. 수업에서... 질문 양상은 별 차이 못 느꼈어요.

C : 어떻게 해야 되요? 라는 방법론적 질문이 많은데

한편, 학생과 학생 상호작용에서는 긍정적인 결과를 볼 수 있었다. 먼저 과정이 하나 더 생김으로 인해 학생들끼리 서로 이야기를 많이 하고 의사소통이 증가하였으며, 즐거워하는 모습을 보였다고 응답하였다.

A : 애들 사이의 상호작용은 ... 애들이 더 좋아해요. 좋아하고 더 잘하려고 해요. 애들끼리는 더 활발히 인터랙션 하는 거 같아요. 데이터를 측정하면서 저장을 하려는데 실험하는 놈들이 그게 아니다 뭐라고 꾸사리를 주고 지네끼리 이렇게... 그래서 프로시더가 하나 더 생김으로 인해서 상호작용이 늘어난 거 같아요.

B : 자기들끼리 문제 해결할 때는 되게 잘 해요. 훨씬 더 행복해하고

C : 애들끼리 서로 얘기를 많이 하게 되는 거 같아요. 상호작용이 늘긴 늘어요. 말을 많이 하더라구요 서로.

학생과 매체 상호작용에 대한 응답 또한 긍정적이었다. 교사들은 학생들이 매체에 흥미를 느끼고 서책형교과서를 활용할 때보다 훨씬 더 능동적이고 적극적으로 참여하며 직접 수행하는 모습을 보였다고 응답하였다.

A : (흥미는 많아진 거) 확실해요. 없을 때보다 능동적으로 해요. 일거리가 하나 더 늘어나서 이제 애들이 잘 참여를 해요. 긍정적이에요 그거. 혼자 공부하는 애들한테 이렇게 쉽게, 더 흥미 있게 해줬죠... 상호작용하는 속도가 빨라졌죠. 실험 수업 탐구수업 중간에 자기들이 모르는 문제 모르는 거 확인할 수 있을 때 번거롭게 교사한테 안 물어보고 지네들이 직접 이렇게 체크를 해볼 수 있고...

B : 애들이 되게 능동적이라고 생각해요. 애들은 좋아해요. 애들은 더 잘하고 재미있어 하구요. 문제를 해결할 때는 굉장히 즐거워하기 때문에... 있는 게 좋죠. 아이들이 자기주도할 때는.

C : (교사가 그런 식으로 구성을 해서) 능동적이 될 가능성이 크죠. 대부분 참여가 되는 거 같아요. 서책형에서보다는 훨씬? 좀 더 능동적이고 적극적이고, 나름 아이들이 적극성을 띄긴 하죠.

제 5 장 요약 및 결론

5.1 요약

본 연구에서는 디지털교과서가 갖는 교육적 가능성을 탐색하고 현 디지털교과서 개발 실태를 점검하기 위하여 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 유형, 기능, 제시방법을 비교하였다. 특히 2009 및 2015 개정 교육과정과의 비교를 통해 교육과정 상의 변화가 디지털교과서에서 어떻게 나타나는지를 함께 살펴보았으며, 이를 토대로 디지털교과서에서의 과학 내용의 구성 및 개발 방향에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 게다가 교실수업에서 실제 디지털교과서를 활용하는 교사들이 이러한 특징들을 어떻게 인식 및 활용하는지 분석함으로써 교실 상호작용에서 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 역할에 대해 살펴보았다. 연구 결과는 다음과 같다.

먼저 교과서 분석 결과이다. 첫째, 외적 표상의 개수와 종류에 대해 분석한 결과, 디지털교과서의 학습 내용과 자료들에 양적인 확장이 일어났음을 알 수 있었다. 다시 말해, 서책형교과서보다 디지털교과서에서 외적 표상의 개수와 종류가 더 많이 증가했다. 예를 들어, 디지털교과서에서는 서책형교과서에 비해 핵심 과학 용어나 개념에 대한 설명, 학습 내용에 대한 보충 설명이나 심화 자료들이 급격히 늘어났다. 하지만 디지털교과서에서 추가된 대부분의 표상들이 언어적 표상에 해당되는 모습을 보였는데, 이는 시청각 자료를 풍성하게 활용할 수 있는 디지털 환경을 고려할 때 다소 제한적인 모습이라고 판단된다. 하지만 2015 개정 교육과정의 디지털교과서에서는 2009 개정 교육과정에서보다 언어적 표상이 줄어들고 청각적 표상과 혼합형 표상이 증가하는 등 다양한 표상들이 활용되었다. 이는 다양한 멀티미디어 자료를 활용하여 구성하도록 제시한 디지털교과서 편찬상의 유의점이 반영되어 언어적 표상에만 집중되었던 자료들이 다양해지고 있다는 것을 의미한다.

둘째, 외적 표상의 기능 측면에서 디지털교과서와 서책형교과서에서 모두, 개념이나 탐구활동을 상세히 설명하거나(설명적 기능), 예시를 제시하는(예시적 기능) 표상들이 가장 많았다. 디지털교과서에서만 특화된 표상의 기능들로서 ‘보충적 기능’을 하는 외적 표상이 많이 증가하였다. 이러한 표상들은 과학 개념이나 원리에 대해 보충 설명을 하거나 관련 과학용어 및 현상에 대한 심화 내용을 소개하는 경우가 많았다. 디지털교과서에서는 요약적 기능을 하는 표상들도 많이 증가했는데, 탐구 목표, 결과, 정리 등 탐구활동 전반을 요약하여 보여주는 동영상들이 많았다. 또한 디지털교과서에서는 탐구결과를 작성하는 것을 넘어서서 변인을 조작해보는 시뮬레이션 실험이 제시되었다. 이러한 특징들은 두 교육과정의 교과서에서 동일하게 나타났으나, 2015 개정 교육과정의 교과서에서는 2009 개정 교육과정에 비해 보충적 기능의 표상이 약간 줄고, 요약적 기능과 수행적 기능을 하는 표상들이 상대적으로 많이 제시되었다.

셋째, 서책형교과서보다 디지털교과서에서 외적 표상의 제시 형태와 공간 활용 형태가 더 다양하게 증가하였다. 제시 형태로서, 2009 개정 교육과정의 디지털교과서에서는 정화상이 가장 많이 증가한 반면, 2015 개정 교육과정에서는 정화상과 동화상 방식을 동시에 활용한 표상들이 가장 많이 증가하였다. 또한 디지털교과서에서는 클릭 기능을 활용하여 넓은 공간을 확보할 수 있었으며, 이를 통해 다양하고 풍부한 심화·보충 자료들을 추가적으로 제시하고 있었다. 이러한 특징들은 디지털 기능으로 구현한 풍부하고 다양한 교육 자료를 효과적으로 접목시켜야 한다는 점이 반영된 결과임을 알 수 있다.

다음으로, 교사 면담 결과이다. 첫째, 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 종류에 대한 교사의 인식 및 활용과 교실 상호작용을 분석한 결과, 교사들은 외적 표상을 선택적으로 사용하고 있음을 알 수 있었다. 교사들은 언어적 표상이 학생과 매체 상호작용에 도움을 주지 않으며, 언어적 표상보다 시각적 표상이 더 많이 제시되어야 한다고 생각하였다. 또한 강의식 수업의 경우, 시각적 표상을 활용하는 교사들은 거의 없었으며, 프로젝트형 수업으로 학생들이 시각적 표상을 활용하여 결과물을 만들도록 하는 경우에 학생

과 학생 상호작용과 학생과 매체 상호작용에 도움을 주었다고 응답하였다. 즉, 교사가 외적 표상을 어떻게 활용하는지 교사의 교수학습방법에 따라 상호작용 양상이 달라짐을 알 수 있다. 디지털교과서의 장점을 극대화 할 수 있는 청각적 표상과 혼합형 표상은 상반된 결과를 나타냈다. 교사들은 청각적 표상이 교실수업에서는 교사와 학생 상호작용에 방해 요소로 작용한다고 생각하였다. 반면, 교사들은 혼합형 표상의 경우 동영상에서 핵심 단어를 찾게 하는 활동의 프로젝트형 수업을 하였을 때, 학생과 학생 상호작용과 학생과 매체 상호작용에 긍정적인 영향을 끼쳤으며, 학생들의 흥미와 호기심이 증가하였다고 응답하였다.

둘째, 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 기능에 대한 교사의 인식 및 활용과 교실 상호작용을 분석한 결과, 교사들은 외적 표상의 기능들이 학생과 매체 상호작용에만 긍정적인 영향을 끼쳤다고 생각하고 있음을 알 수 있었다. 교사들은 보충적 기능의 표상이 교사와 학생 상호작용에 도움을 주지 않는다고 판단하여 교실수업에서 활용하지 않고 있었으며, 자기주도학습을 할 때 학생과 매체 상호작용에만 도움이 될 것이라고 생각하였다. 실험결과를 기입하거나 변인을 조작해보는 수행적 기능의 표상은 학생이 직접 수행하는 것이므로 학생과 매체의 상호작용을 증가시켰으며, 표에 기입한 결과를 자동으로 그려주는 보충적 기능과 수행적 기능의 표상도 같은 결과를 나타냈다. 교사들은 교사와 학생 상호작용에 영향을 주지 않는 외적 표상의 기능들을 교실수업에서 활용하지 않고 있었다. 활용을 해 보지 않은 상태에서 상호작용의 양상을 일반화시키기에는 어려움이 있다. 따라서 추후 교실수업에 참여 관찰을 하여 교사가 해당 기능을 사용하였을 때의 교실 상호작용 양상을 연구해야 할 필요가 있겠다.

셋째, 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 제시방법에 대한 교사의 인식 및 활용과 교실 상호작용을 분석한 결과, 외적 표상들이 상호작용 형태에 따라 복합적으로 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 모두 포함하였다. 애니메이션 효과로 정화상과 동화상이 함께 제시되는 외적 표상은 교사가 과학 개념 및 원리를 설명하거나 학생들의 질문에 답할 때, 가장 효과적으로 활용 가능하다고 응답하였으며, 교사와 학생 상호작용에 긍정적인 영향을 끼

친다고 생각하였다. 오히려 학생과 매체 상호작용을 증진시키기에는 부족한 제시방법이라고 판단하였다. 한편, 클릭의 형태로 제시되는 외적 표상은 학생들이 스스로 눌러 봄으로써 학생과 매체 상호작용에 도움이 되었으나, 교실수업에서 교사가 학습 내용을 설명하거나 학생들에게 발문할 때, 교사와 학생 상호작용을 방해하는 요소로 판단하며 부정적인 영향을 끼쳤다고 응답하였다.

5.2 결론 및 시사점

본 연구에서는 디지털교과서에서 디지털 기능으로 구현한 풍부하고 다양한 교육 자료들이 실질적으로 교실수업 개선을 도모할 수 있도록 개발되었는지를 보기 위한 토대로서, 서책형교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상의 특징을 비교 분석하고, 활용해 본 경험이 있는 교사 면담을 통해 교실수업에서 상호작용에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

본 연구의 분석 결과, 첫째, 서책형교과서에 비해 디지털교과서에서 외적 표상의 유형과 기능이 양적으로 증가하였다. 서책형교과서와 비교했을 때, 디지털교과서는 서책형교과서의 내용과 구성 체제를 유지하면서, 보충·심화 자료, 용어사전, 평가 문항을 포함하여 보충적 기능을 지닌 다양한 표상들을 담고 있었다. 또한 가상 실험이나 그래프 자동 그리기 기능과 같이 서책형교과서와는 차별화된 표상들을 제시하기도 하였다. 특히 2009 개정 교육과정보다 2015 개정 교육과정의 디지털교과서에서 좀 더 다양한 유형과 기능을 가진 표상이 활용되는 모습을 보였다. 이는 서책형교과서가 지니는 물리적 한계를 넘어서는 디지털 공간 속에서 양적으로 확장된 자료들과 표상들을 제공하는 디지털교과서의 특징을 잘 나타낸다.

그럼에도 불구하고, 두 교육과정을 토대로 개발된 디지털교과서에서 제시된 표상들은 모두 언어적 표상에만 집중되었으며, 서책형교과서에 제시된 정화상의 표상들에 애니메이션 기능만 추가한 경우가 많았다. 또한 한 가지 이상의 표상이 혼합되어 제시된 동영상 자료들도 과학 개념을 강의식으로 전달하거나, 탐구 과정과 결과를 요리책 방식으로 소개하는 경우들이 대부분이었다. 이는 텍스트와 평면적인 이미지만을 제공하는 서책형교과서와는 대조적으로, 동영상 및 가상현실 등 멀티미디어 학습 자료를 제공한다는 디지털교과서의 특성을 반영하지 못한 결과이며, 이러한 교수학습 자료의 구성은 학습자 스스로 자신의 생각을 구성해야하는 능동적인 학습 환경 조성이라는 측면에서는 부정적이라고 판단된다. 특히 디지털교과서의 강점 중 하나가 풍부하고 다양한 교수학습 자료의 제공이라는 점을 고려할 때 (교육과학기술부, 2011), 디지털교과서에서 제공하는 자료들이 양적인 풍부

함을 넘어서서 질적으로도 풍부한 자료를 제공하는 방식으로 개선될 필요가 있겠다. 다시 말해, 현재 디지털교과서의 동영상 자료와 같이 단순히 많은 양의 지식을 전달하는 모습이 아닌, 학생들의 사고를 자극하고 과학 개념을 재구성할 수 있는 멀티미디어 자료와 체계적인 구성을 구축하기 위한 노력이 수반되어야 한다. 나아가 서책형교과서를 기본으로 일부를 변형, 추가하는 식의 기존의 디지털교과서 개발 체제에서 벗어나서, 디지털교과서의 강점을 부각시키기 위하여 새로운 관점에서 디지털교과서의 독자적인 개발 체제와 환경을 구상해보는 것도 대안이 될 수 있겠다. 게다가 실제 교실수업에서 디지털교과서의 외적 표상을 선택적으로 활용하는 교사를 위해 어떻게 준비해야 하는지에 대해 교사의 역량과 전문성에 대한 논의가 필요하다. 가령 기존 강의식 수업에 디지털교과서를 도입하는 것 대신, 디지털교과서에 적합한 교수학습방법을 개발하여 교사들에게 제공함으로써, 교사들로 하여금 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 질적으로 활용할 수 있도록 하는 것도 방법이라고 볼 수 있겠다.

둘째, 현재 디지털교과서에 제시된 외적 표상들은 자기주도학습에만 적합한 것으로 보인다. 디지털교과서의 개발 방향은 궁극적으로 자기주도학습 뿐만 아니라 학생 활동 중심의 수업 실현을 기대하고 있으며, 디지털교과서에 특화된 기능과 외적 표상들이 각 교과목의 목적과 특징에 맞게 구성되어 교과 학습을 촉진할 수 있어야 한다. 그러나 실제 활용해 본 교사들은 자기주도학습에만 적합한 형태로 보이는 외적 표상들은 교실수업에서 활용하기에 부적합하다고 판단하고 있다. 따라서 자기주도학습을 위한 것과 학생 활동 중심의 교실수업을 위한 것은 구별되어야 할 필요가 있다. 디지털교과서가 무엇을 위한 것인지에 대해 방향성을 정하기 위한 논의가 필요하다. 또한 교실에서 사용되는 교과서는 교사와 학생과 함께 상호작용하며 수업을 구성해 나가게 된다. 따라서 교실 상호작용을 증진시킬 수 있도록, 교실수업에서 교사가 디지털교과서의 외적 표상의 사용을 극대화 할 수 있도록 활용되어야 한다. 가령 교사용과 학생용으로 분리된 시스템 및 즉각적인 피드백 기능 등이 구축되어야 할 필요가 있겠다.

셋째, 디지털교과서와 디지털교과서에 제시된 외적 표상을 통해 디지털

상호작용이 증가하였다. 디지털교과서를 활용한 수업에서의 상호작용은 아날로그 상호작용과 디지털 상호작용으로 나눌 수 있다. 본 연구에서 분석했던 세 가지 형태의 상호작용 중, 교사와 학생 상호작용과 학생과 학생 상호작용은 면대면 상호작용인 아날로그 상호작용에 포함되며, 학생과 매체 상호작용은 디지털 상호작용이라고 볼 수 있다. 사회적 네트워크가 확장되는 초연결 사회로 변화됨에 따라 학교 교육에서 디지털교과서를 도입함으로써 학생과 매체 상호작용인 디지털 상호작용이 증가하는 추세이다. 실제 본 연구의 면담 결과를 통해서도 디지털교과서에 제시된 외적 표상들로 인해 아날로그 상호작용이 감소하고 디지털 상호작용이 증가하였음을 알 수 있었다. 하지만 학생들은 교사나 친구들, 자료 및 교실 환경과 같이 여러 요인들과 상호작용하며 학습하므로 교실수업에서 사람 간의 면대면 상호작용을 무시할 수는 없다고 생각된다. 다시 말해, 어떻게 사용할 것인가에 대해 디지털교과서의 발전 방향을 모색해야 할 필요가 있다. 가령 앞서 논의한 무엇을 위한 활용인지와 연관지어보면, 디지털교과서의 목적을 자기주도학습에 두고 디지털 상호작용을 위한 자료로서 사용하는 방법과 학생 활동 중심의 교실수업에 목적을 두고 아날로그 상호작용을 위한 자료로서 사용하는 방법이 있겠다. 단, 아날로그 상호작용과 디지털 상호작용 중 어떠한 방법으로 사용할지라도 학생의 참여를 극대화하는 방향으로 발전해야 할 것이다. 이를 위해, 학습자의 성취 수준, 수업의 목적, 디지털 기능 등에 대해 다양하고 복잡한 고려와 논의가 필요하다.

5.3 후속 연구 과제

본 연구와 관련하여 다음과 같은 후속 연구를 제안하고자 한다.

본 연구에서 분석한 대상이 일부 출판사에서 출간된 디지털교과서의 ‘힘’과 관련된 단원의 내용에 국한되었다는 점을 고려할 때, 본 연구의 분석 결과를 일반화하기에는 한계가 있다. 본 연구에서 활용한 분석 관점과 분석 틀, 그리고 분석을 통해 제기한 문제점과 특징들에 대한 이해를 토대로, 과학의 다른 영역의 단원들과 다른 출판사의 디지털교과서들을 포함한 넓은 대상들에서 나타나는 특징들을 추가적으로 살펴볼 필요가 있다. 또한 앞으로 디지털교과서의 개발 및 적용이 시행될 것이므로 본 연구의 결과들은 추후 디지털교과서에 대한 진단 및 개선을 위한 지표가 될 수 있을 것으로 기대된다.

또한 디지털교과서에서 나타난 특징들이 실제로 학생들의 과학 학습에 어떻게 연결되는지 탐색하는 추후 연구가 필요하다. 디지털교과서는 사회적 상호작용을 제공하고 학생의 개인적 능력 및 흥미에 따른 학생 중심의 학습이 가능하다(정영식, 2016). 이와 같은 디지털교과서의 특징이 나타나기 위해서 디지털교과서에 제시된 다양한 표상들이 어떤 역할을 하였는지 탐색할 수 있다. 가령, 디지털교과서에 제시된 표상들의 양적 증가와 기능적 확장이 학생들의 학습 동기를 높이거나, 사용자의 편의성과 활용성을 높여 자기 주도적 학습으로 연결되는지에 대한 실질적인 분석이 이루어질 수 있다. 또한 학생들이 멀티미디어 자료들을 통해 과학교실에서 좀 더 흥미를 가지고 높은 참여를 보이는지, 디지털교과서에서 제시된 다양한 표상들의 활용이 교실 상호작용과 학생 참여의 질적인 발전으로 이어지는지 살펴봐야 할 것이다. 아울러 디지털교과서에 대한 개발과 적용이 확장되는 현 시점에서, 디지털교과서의 활용이 교사의 지식 전달과 수동적 학생으로 구성된 교실에서 더 많은 지식을 머릿속에 넣기 위해 노력하던 문화에서 학생의 적극적 참여와 소통이 강조되는 교실문화로의 변화를 가져올 수 있을지에 대한 연구가 수행된다면, 미래사회의 변화에 적합한 과학교육의 방향을 제시하는 데에 보탬이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 강훈식. (2006). 중학교 화학 수업에서 외적 표상의 유형 변환을 촉진하는 그리기와 쓰기의 효과 및 활용 방안 (Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).
- 강훈식, 김유정, 노태희. (2007). 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 외적 표상들의 활용 실태 분석. 한국과학교육학회지, 27(3), 190-200.
- 강훈식, 윤지현, 이대형. (2008). 제7차 초등학교 3~6학년 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용 실태 분석. 초등과학교육, 27(2), 158-169.
- 교육과학기술부 (2011). 인재대국으로 가는 길. 스마트교육 추진 전략.
- 교육과학기술부 (2012). 스마트교육 추진전략에 따른 교과서 개선 계획.
- 교육인적자원부 (2007). 디지털교과서 상용화 개발 본격 착수, 유비쿼터스 시대의 미래 학교 교육 현실로 다가와. 보도자료 2007.03.07.
- 김수정, 한재영. (2007). 고등학교 1 학년 과학 교과서에 사용된 시각자료 분석. 과학교육논총, 20(1), 1-11.
- 김혜진, 손연아, 민병미. (2009). 고등학교 생물 1 교과서에 포함된 시각자료 분석틀의 개발과 적용. 생물교육 (구 생물교육학회지), 37(3), 390-402.
- 노상미, 양순영, 김용진. (2017). 중학교 과학 교과서에서 과학 내용 영역에 따른 인포그래픽의 특징 분석. 과학교육연구지, 41(3), 462-479.
- 민은아. (2014). 과학 디지털교과서의 효과적인 인포그래픽 디자인을 위한 국내외 사례분석. 디지털디자인학연구, 14(1), 408-416.
- 박인옥. (2005). 사회과 교사의 교과서 활용 방식에 관한 질적 사례 연구. 교육인류학연구, 8(2), 91-126.
- 변호승, 송연옥. (2010). 디지털교과서 현황과 발전과제. 정보과학회지, 28(10), 58-63.

- 배대성, 유준희. (2012). 중학생의 힘과 운동 현상 관련 과학적 모형구성 수준의 상세화. *새물리*, 62(8), 809-825.
- 서정희, 김정원, 정윤경, 정종원, 이정태, 신일철. (2017). 디지털교과서 효과성 검증을 위한 연구학교 사전-사후 검사. 대구: 한국교육학술정보원.
- 성승민, 채희인, 임희준. (2016). 초등학교 과학 교과서에 제시된 캐릭터 삽화의 역할 분석: 2009 개정 과학과 4학년 교과서를 대상으로. *한국과학교육학회지*, 36(1), 167-175.
- 송연옥, 변호승. (2013). 교사들의 디지털교과서 수용 방해요인에 관한 질적 탐색. *교육공학연구*, 29(1), 27-53.
- 송진여, 손준호, 정지현, 김종희. (2017). 초등 과학 수업에서 디지털 교과서 활용 수업모형 개발 및 효과. *대한지구과학교육학회지*, 10(3), 262-277.
- 송진웅, 나지연. (2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화. *현장과학교육*, 9(2), 72-84.
- 안성훈, 김혜원, 김성식, 손찬희, 주형미, 김명화, 신민영, 이재호, 계보경, 정광훈(2014). 디지털교과서·스마트교육 효과성 측정 프레임워크 개발 연구. 한국교육학술정보원.
- 오지연, 박지선, 박일우. (2017). 2009 개정 교육과정 초등 과학 교과서에 실린 시각자료의 종류, 역할, 그리고 사회-기호학적 특징 분석. *한국초등교육*, 28(2), 19-30.
- 윤혜경, 조광희, 조현국. (2017). 중등 전자기 수업에서 사용하는 시각적 표상에 대한 교사 인식 및 활용 실태. *한국과학교육학회지*, 37(2), 253-262.
- 이경순. (2012). 디지털 교과서에 대한 교사의 관심 변화 과정 분석. *교육과학연구*, 43(2), 23-52.
- 이용섭, 홍순원. (2010). 디지털 교과서를 활용한 과학수업이 과학 탐구 능력, 학업성취도 및 교수학습인식에 미치는 효과. *대한지구과학교육학회지*, 3(2), 109-117.

- 이형철, 안정희. (2005). 한, 일 초등학교 과학 교과서 삽화 비교 연구. *초등과학교육*, 24(2), 138-144.
- 임병노. (2012). 디지털교과서 활용에 대한 현장교사의 인식 및 개선방안 연구. *교육공학연구*, 28(2), 317-346.
- 임정훈. (2010). 초등학교에서의 디지털교과서 활용 수업: 쟁점과 과제. *교육실천연구*, 9(1), 87-114.
- 임정훈. (2012). 홀리스틱 교육 관점에 기초한 미래 디지털교과서의 설계 · 개발방향 탐색. *홀리스틱융합교육연구*, 16, 125-150.
- 임희준, 오필석 (2014). 디지털 교과서를 활용한 초등 과학 수업에 대한 비평적 접근. *과학교육연구지*, 38(2), 270-285.
- 임희준, 오필석, 권경필, 신영준, 안성훈, 김종민, 박순홍. (2014). 과학 디지털교과서 활용에 대한 초등학생들의 인식. *초등과학교육*, 33(4), 795-805.
- 정광훈, 안성훈, 노정짐. (2012). 디지털교과서 개발 방향 정립을 위한 조사 분석(RM 2012-33). 서울: 한국교육학술정보원.
- 정덕윤, 한재영. (2006). 고등학교와 대학교 화학 교재의 수록된 시각자료 비교. *과학교육연구논총*, 22(2), 117-128.
- 정영식, 주형미, 권숙진, 한재훈, 이윤정. (2016). 2015 개정 교육과정 대비 디지털교과서 개발 방법 연구. 대구: 한국교육학술정보원.
- 정충덕, 오홍식, 최진석, 강경희. (2007). 한국과 미국 초등학교 과학 교과서 삽화 비교 연구: 3~ 6 학년 생명영역을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 27(7), 639-644.
- 조광희, 조헌국, 윤혜경. (2015). 초중고 과학 교과서의 전자기 단원에 제시된 시각적 표상의 유형. *새물리*, 65(4), 343-357.
- 최동진. (2007). *년도 국내 디지털콘텐츠산업 시장조사 보고서*, 한국소프트웨어진흥원, 2008.
- 한국교육학술정보원 (2014). 디지털교과서 콘텐츠 확보 및 효율적 보급을 위한 검·인정 디지털교과서 보급비 집행 계획(안).

- 한승연, 류지현, 김민정. (2014). 디지털교과서 활용수업 상호작용 분석연구: 수학과 과학 수업을 중심으로. *교육방법연구*, 26, 533-560.
- C. S. Peirce, *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, edited by C. Hartshorne, P. Weiss and A. W. Burks (Harvard University Press, Cambridge, 1931-1958), Vol. 7, p. 1.
- Creswell, J. W. (2015). *30 essential skills for the qualitative researcher*. Sage Publications.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Eisner, E. W. (1979). *The educational imagination: On the design and evaluation of school programs*. New York: Macmillan.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Multiple Representations in Chemical Education (pp. 186-216). New York, NY: Springer.
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065.
- Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288.
- Kim, J. H. Y., & Jung, H. Y. (2010). South Korean digital textbook project. *Computers in the Schools*, 27(3-4), 247-265.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Elements of graph design*. WH Freeman.
- Kumpulainen, K., & Mutanen, M. (2000). Mapping the dynamics of peer group interaction: A method of analysis of socially shared learning processes. *Social interaction in learning and instruction: The meaning of discourse for the construction of knowledge*, 144-160.
- Kumpulainen, K., & Wray, D. (2003). *Classroom interactions and social learning: From theory to practice*. Routledge.

- Leivas Pozzer, L., & Roth, W. M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089–1114.
- Malamah–Thomas, A. (1987). *Classroom interaction*. Oxford university.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125–139.
- Maynard, S., & Cheyne, E. (2005). Can electronic textbooks help children to learn?. *The Electronic Library*, 23(1), 103–115.
- Paivio, A. (1986). Psychological processes in the comprehension of metaphor. *Metaphor And Thought*, 163.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368.
- Tsui, C. Y., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In *Multiple representations in biological education* (pp. 3–18). Springer Netherlands.
- Tunstall, P., & Gipps, C. (1996). ‘How does your teacher help you to make your work better?’Children’s understanding of formative assessment. *The Curriculum Journal*, 7(2), 185–203.

Abstract

Analysis of the features of
external representations presented
in paper textbooks and digital
textbooks and teachers use of
digital textbooks': Focusing on
middle school science

Noah Kim

Physics Education Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

Our society is entering into a 'hyper-connected society' in which
social networks between people and people, between people and

things, and between things and things rapidly expand. In the hyper-connected society, the activities of science classroom will be linked to the world, beyond the classroom interactions among teachers, students, textbooks and other teaching materials. Digital textbooks in this study are considered as a way to connect the classroom with the world. Thus, we decided to explore the possibilities and roles of digital textbooks that promote the hyper-connected interactions among teachers, students, media, and the world. In particular, the researchers noted that, in science textbooks, scientific phenomena, abstract concepts, and principles are presented in the form of external representations such as diagrams, photographs, formulas, graphs and words. Therefore, focusing on the external representations, this study analyzed the features of science digital textbooks and their roles in classroom interactions.

For this, first, we compared the external representations presented in the paper textbooks with those in the digital textbooks. We used 292 representations in the 'force' related units of middle school in the 2009 and 2015 national science curricula based on the modified framework of the previous studies for analysis. Then, we identified the unique features of representations used in digital textbooks. In addition based on the results of the textbook analysis, we conducted an interview with three middle school science teachers who had used digital textbooks. We had a total of three interviews with each teacher and analyzed them using traditional content analysis methods. The interview was conducted in semi-structured format so that the teachers could freely express their opinions on the recognition and use of external representations presented in digital textbooks and their interaction with science classrooms. In the process of presenting the results of the textbook analysis and asking for opinions, a rather

indicative method was used.

Research results can be summarized as follows. First, the types and functions of external representations in digital textbooks increased quantitatively compared to paper textbooks. For the 2009 revised curriculum, the increase and decrease in external representations from paper textbooks to digital textbooks was +82.8%. However, the representations presented in digital textbooks were focused on verbal representations. The increase and decrease of visual representations was +8.6%, but the increase and decrease of verbal representations was very high at +90.1%. This tendency was the same in both curricula textbooks, but more diverse types of representations were found in the 2015 national science curriculum. In addition, in the digital textbooks, illustrative and explanatory representations was used the most, such as the paper textbooks. However, in the 2009 revised curriculum and the 2015 revised curriculum digital textbooks, the increase and decrease of complementary representations was +291.3% and +183.3% respectively and summative and performative representations were added. Also, in the digital textbooks, space was used as a way of presenting various representations through the pop-up and screen switching functions by click.

Next, as a result of teacher interviews, teachers' perception of external representations of digital textbooks was rather negative. Teachers responded that digital textbooks should be presented with more visual representations than verbal representations. On the functional side, the most frequently increased complementary representations were negatively responded to, and the space in the form of clicks was also perceived as negative. On the other hand, video clips, which are mixed representations added to digital textbooks, were said to be helpful for the formation and

understanding of basic scientific concepts, and were positively recognized for indirectly experiencing experiments that could not be preformed, and presenting experimental methods and precautions. Teachers' use of external representations of digital textbooks was underused. Overall, few external representations were utilized, particularly linguistic representations. They also said that even the representations of good functions were difficult to proceed in class and that they were instructed to use them for personal study. In terms of science classroom interaction, according to teachers' responses, digital interaction, the interaction between students and the media, increased, but analog interaction, the interaction between teachers and students, decreased. Teachers responded that they hoped digital interaction would also be linked to analog interaction.

Therefore, the materials provided by digital textbooks need to be improved beyond quantitative abundance in a way that provides qualitatively abundant data to simulate students' thinking and reconstruct scientific concepts. In addition, it needs to discuss teachers' competency and professionalism on how they should prepare to take advantage of the external representations of digital textbooks in classroom. Second, the direction of development of digital textbooks should ultimately expect not only self-directed learning but also the realization of classes centered on student activities in the classroom, and the functions and external representations specialized in digital textbooks should be organized to suit the purpose and characteristics of each subject so that they can promote learning. Therefore, it is necessary to discuss whether the purpose of digital textbooks is for self-directed learning or science classroom classes. Third, it is necessary to focus on interactions that can maximize student participation in classrooms where analog interactions have

decreased and digital interactions have increased. Therefore, it is necessary to explore the direction of development of digital textbooks on how to use them. Finally, further research is needed to explore how the features of digital textbooks actually connect to students' scientific learning. In addition, if research is carried out on specific directions and strategies that can lead to changes in the science classroom culture where students' active participation and communication are emphasized, it is expected that the development and application of digital textbooks will be helpful in exploring the direction of science education that actively responds to changes in the future society.

**keywords : digital textbook, paper textbook,
external representations, science classroom interaction**

Student Number : 2017-29268